

224

35-43

Verhandlungen der klimatologischen Tagung in Davos 1925

Veranstaltet vom
Schweizerischen Institut für Hochgebirgsphysiologie
und Tuberkuloseforschung in Davos



Verlag Benno Schwabe & Co., Basel



Copyright by Benno Schwabe & Co. Basel

VORWORT

— — —

Der Aufschwung den die Klimatologie in den letzten Jahrzehnten genommen hat ist allen ihren Einzelzweigen zugute gekommen, den theoretischen wie den angewandten. Wie so häufig geschah auch hier der Fortschritt der theoretischen Klimatologie im Anschluß an neue Untersuchungsmethoden die besonders zahlreich auf dem Gebiete der Sonnenstrahlung waren. Die methodischen Fortschritte der physikalischen Klimatologie gestatteten wiederum Nutzanwendungen zu ziehen für die Fragen wie weit die einzelnen Klimafaktoren besondere Wirkungen auf dem Gesamtgebiete der Biologie haben.

Das in den letzten Jahren zusammengedrungene Material war so umfangreich geworden, daß die Aufgabe lohnend erschien es wenigstens in den Hauptrichtungen einmal übersichtlich darzustellen. Am zweckmäßigsten schien dazu die Form einer internationalen Aussprache einer Tagung in einem Orte der selbst klimatisch begünstigt gelegen zugleich Institute aufwies die sowohl der theoretischen wie der praktischen Klimatologie dienen.

Das waren die Gesichtspunkte die den Vorstand des Davoser Forschungsinstitutes veranlaßten dem ihm gemachten Vorschlage zur Veranstaltung einer klimatologischen Tagung in Davos näher zutreten. Das *Dorn*sche Observatorium wie das Schweizerische Forschungsinstitut in Davos gaben dazu die wissenschaftlichen Stützen ab und ihre Einrichtungen mußten Forscher der verschiedensten Richtungen zu einem Besuche anregen.

Wie sehr der Gedanke einer solchen Tagung berechtigt war ging aus der erfreulichen und ehrenvollen Tatsache hervor daß er allseitig lebhaften Anklang fand und sowohl die meisten der um ihre Mitwirkung ersuchten Forscher sich alsbald bereit erklärten über den heutigen Stand der Forschung und Lehre auf dem von ihnen bearbeiteten Gebiete vorzutragen wie auch zahlreiche weitere Herren ihrerseits Vorträge anmeldeten die leider nicht mehr alle Berücksichtigung finden konnten.

In uneigennütziger und der Wissenschaft wahrhaft dienender Weise haben die über 50 als Referenten gewonnenen Herren den zum Teil recht weiten Weg in unser Hochtal nicht gescheut um teils ihre eigenen Erfahrungen einem internationalen Horchkreise zugänglich zu machen teils in den Ergebnissen anderer, insbesondere der benachbarten Gebiete ihren eigenen Gesichtskreis zu erweitern.

Es war natürlich nicht möglich sämtliche Fächer der Klimatologie in allen Einzelheiten vorzutragen zu lassen. Nur eine Auswahl konnte getroffen werden, unter Berücksichtigung derjenigen Themen, die allgemeines Interesse haben, teils an sich, teils für praktisch klimatologische Zwecke. Sichgemäß geschah die Einteilung derart daß zunächst einige Vorträge über die allgemeine Bedeutung des Klimas orientieren sollten. Daran schloß sich ein physikalischer Teil in dem das Verhalten verschiedener Klimafaktoren als solcher von verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet wurde. Logisch schloß sich dann eine Besprechung der Wirkung der verschiedenen Klimafaktoren auf die Lebewelt: Pflanze, Tier und Mensch, und endlich ein Überblick über die Anwendung des Klimas zu Heilzwecken auf Grund der gewonnenen Kenntnis seiner Wirkungen. Ueber die Einzelheiten des Aufbaues der Tagung gibt das Verzeichnis der Vorträge Aufschluß *).

Daß mit dieser erstmalig unternommenen Zusammenfassung der verschiedenen klimatologischen Forschungsrichtungen einem Bedürfnis entgegengekommen wurde, zeigte ebenfalls die über Erwarten große internationale Beteiligung an der Tagung — wir durften dabei die offiziellen Delegierten von 14 Staaten begrüßen — und schließlich auch die rege von verschiedensten Seiten erfolgende Nachfrage nach den Kongreßverhandlungen.

Am besten wird jedoch das Streben nach Zusammenfassung Ausbau und Verwertung der gefundenen Ergebnisse dargestellt durch den im Verlaufe der Tagung mehr und mehr sich äußernden Wunsch das hier Geschaffene dauernd zu erhalten um künftighin die Früchte der klimatologischen Forschung allen in ihrem Fortschritte interessierten Richtungen ständig zugänglich zu machen. Zu diesem Zwecke wurde als Abschluß der Tagung eine internationale Arbeitsgemeinschaft unter dem Namen „Foederatio climatologica“ geschaffen.

Wir hoffen daß die Verhandlungen unserer Tagung einen Einblick in die Bedeutung der heutigen Klimatologie geben sowohl in physikalisch meteorologischer Beziehung wie hinsichtlich ihres Wertes für diejenigen Wissenschaften die auf ihren Ergebnissen fußen und daß sie zugleich Zeugnis ablegen von dem Umfange, den diese Forschungen und Bestrebungen bereits gewonnen haben.

Der Vorstand spricht auch an dieser Stelle seinen Dank aus Herrn Dr. *Vogel-Eysern* für die Initiative zur Veranstaltung der klimatologischen Tagung und für die Herausgabe dieser Verhandlungen, ihm wie Herrn Prof. *Loewy* für die Organisation und Durchführung der Tagung und Herrn Prof. *Dorno* für die dabei geleistete Mitarbeit.

Für den Vorstand des Forschungsinstitutes
Der Präsident Dr. *Michel*

*) Die hier gegebene Einteilung konnte in der Anordnung des vorliegenden Bandes aus äußeren Ursachen nicht für alle Vorträge inne gehalten werden.

INHALT

	Seite
Vorwort	III
1 Allgemeines	1
Ruck und Ausblicke auf dem Gebiete der Höhenklimafor- schung Prof Dr F Abderhalden Halle	3
The Influence of sunshine and open air on health Prof Leonard Hill London	16
Climate of a Big City and the Dwellings of the Poor Dr King Brown London	25
Les problèmes de la médecine preventive et leur evolution inter- nationale Prof Dr Ettore Iervi Roma	36
2 Physikalisch meteorologische Abteilung	45
Extreme Klimaelemente auf der Erde Prof Dr G Hellmann Berlin	47
Curiosità circa la pioggia studiata su piani verticali orientati e circa l'influenza biologica della radiazione solare Prof Dr A di Vesta Pisa	62
La direction du vent en climatologie Prof Dr Louis Besson Paris	67
Die Feuchtigkeitswindrose von Helgoland Prof Dr C Kasner Berlin	74
Der Trübungsgrad der Atmosphäre als klimatischer Faktor Prof Dr F Link Frankfurt a M	80
Die Bedeutung des Ozongehaltes der Atmosphäre für die Sonnenstrahlung Prof Dr Edgar Meyer Zurich	91
Die Luftelektrizität der freien Atmosphäre Prof Dr A Wipf Halle	100
Rapport sui les recherches électro-météorologiques et des radiations solaires et célestes faites dans l'Observatoire de montagne a Sestola Cimone (Appennin Modenais) Prof Dr Palazzo Roma	110
Le variazioni periodiche della temperatura nel clima di mon- tagna Prof Dr F Frèdia Roma	113
Demonstration des bimétallischen Kompensationspycheliometers Priv Doz Dr W I Pollak Prag	115
Verdunstungsmessungen an freien Wasseroberflächen im Hoch- gebirge Prof Dr J Maurer und Dr Lutschg Zurich	119
Verdunstungsmessungen in der Kuste im Flach und Ber- lande, in Nadel und Buchenwäldern Prof Dr Joh Schubert Fberswalde	127
Klimatologie des Hochgebirges Prof Dr h e C Doino Davos	130

3 Biologische Abteilung	141
Einfluß von Licht und Temperatur in den Alpen auf Physiologie und Anatomie der Pflanzen	Prof Dr G Senn Basel 143
Die Flora des Davoser Landwassers als Ausdruck seiner Klimavarianten	Dr Schibler Davos 154
Baumgrenze und Klimacharakter in den Tropen	Prof Dr Stomps Amsterdam 164
Das Klima der alpinen Höhlen und deren Pflanzenwelt	Dr Fr Morton Hallstatt 171
Klima und tierische Pigmentierung	Prof Dr V Haeckel Halle 174
Das Vorkommen des Jods in der Umwelt	Dr Th v Fellenberg Bern 187
Ueber die Unterschiede zwischen Küsten- und Binnenlandklima in Holland	Dr C M Mol s Gravenhage 201
Klimatologie und Klimaphysiologie des Mittelgebirges	Dr M van Oordt Buhlerhöhe 213
Le golfe de Naples son milieu naturel et sa valeur climatophysiotherapeutique	Dr V Cuomo Capri 230
Verwendung einer biologischen Lichtreaktion zur Wertung der klimatischen Lichtintensität	Prof Dr S Bang Kopenhagen 252
Die physikalisch-chemische Beeinflussung des Organismus durch das Höhenklima	Prof Dr Baron v Koranyi Budapest 260
Ueber die Bedingungen der Blutbildung und des Eisenstoffwechsels	Prof Dr L Asher Bern 270
Das Blut unter dem Einfluß des Höhenklimas	Prof Dr Burkert Gießen 279
Klima und Stoffwechsel	Priv Doz Dr F Jaquer Nymwegen 285
Klima und pathologischer Stoffwechsel	Prof Dr Gigon Basel 294
Klima und vegetatives System	Prof Dr Fr Kraus Peilin 301
Beziehungen des Klimas zu den inneren sekretorischen Drüsen	Prof Dr A Biedl Prag 305
Klima und Schlaf	Prof Dr W R Heß Zürich 313
Azione del clima sulle funzioni dei centri degli organi di senso superiori	Prof Dr S Baglioni Roma 321
Ueber das Zustandekommen der physiologischen Höhenklimawirkungen	Prof Dr A Loewy Davos 328
Sull'acclimatazione e l'allentamento dell'uomo nell'alta montagna nel periodo dell'involutione senile	Prof Dr Morpurgo Torino 336
Immunität gegenüber dem Höhenklima	Mediat Dr H v Schroetter Wien 347
4 Klinisch-therapeutische Abteilung	373
Zur Geschichte der Klimatherapie	Priv Doz Dr A Wehrli Zürich 375
Physiologische und therapeutische Wirkungen des künstlichen Lichts	Prof Dr C Sonne Kopenhagen 382
Ueber Licht und Krankheiten nebst Bemerkungen zur Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge	Prof Dr W Hausmann Wien 395
Heliotherapie bei chirurgischen Leiden	Dr O Bernhard St. Moritz 413
Ueber den Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung	Prof Dr W Stepp Jena 431
Klima und Kinderkrankheiten	Prof Dr E Feer Zürich 437
Der Einfluß des Höhenklimas auf das Wachstum der Kinder	Dr J Mikos Prag 450

Klima und Herzkrankheiten	Prof. Dr. Michaud Lausanne	465
Hochalpine und Gebirgsarten	Dr. St. Hediger St. Moritz	477
Nierenkrankheiten und Klima	Prof. Dr. W. Löffler Zurich	482
Klima und Nervenkrankheiten	Prof. Dr. O. Vogt Zurich	490
Beitrag zur Zustandsdiagnose der Lungentuberkulose mit Berücksichtigung klimatischer Einflüsse	Prof. Dr. G. von Bergmann Fianfurt a. M.	503
Nicht tuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane im Hochalpenklima	Prof. Dr. R. Stachelin Basel	516
Weit klimatischer Kuren für die Rekonvaleszenz	Prof. Dr. R. v. d. Velden Berlin	530
Die Menschenseele in der Alpennatur	Staatspräsident Prof. Dr. W. Hellpich Karlsruhe	539
Les études glaciologiques en Suisse	Prof. Dr. P. L. Mercanton Lausanne	545
5 Diskussionsbemerkungen		547
Zur physikalisch meteorologischen und zur biologischen Abteilung		549
Dorn, Davos		549
Bang, Kopenhagen		549
Lanke, Fianfurt a. M.		549
Wigand, Halle		550
E. Meyer, Zurich		550
Guhli, Litzianska Polianka (Ischcehosl.)		550
Gutstein, Berlin		550
Dotzel, Gieckeld		551
Bornstein, Berlin		551
Sonno, Kopenhagen		552
Schroetter, Wien (ad Sonne)		553
Schroetter, (ad Gutstein)		554
Laquer, Nymwegen		554
Peemoller, Hamburg		554
Schroetter, (ad Peemoller)		556
Zur klinisch therapeutischen Abteilung		558
Skalak, Prosemmos (Ischcehosl.)		558
Stachelin, Basel		559
Bornstein, Berlin		559
Sachregister		561

1 ALLGEMEINES

Ruck und Ausblicke auf dem Gebiete der Hohenklimateforschung

Von Emil Abderhalden Halle a. S.

Ueber allen Forschungen die sich mit Fragen des Klimas und seiner Wirkungen befassen liegt ein eigenartiger Zauber. Auch dann, wenn es sich um ein ganz spezielles Problem wie zum Beispiel den Gehalt der Atmosphäre in bestimmten Strahlensorten handelt wird unwillkürlich die ganze Umwelt in der das betreffende Klima seine Wirkungen entfaltet und von der es abhängig ist, in uns lebendig. Es gilt dies in ganz besonders hohem Maße vom Hohenklima. Wer konnte sich beim Studium einer Arbeit über Hohenklimawirkungen oder über das Wesen des Hohenklimas als solchem der unmittelbaren Vorstellung des ganzen Milieus der Hochgebirgswelt entziehen? Unwillkürlich schweifen unsere Gedanken von dem behandelten speziellen Thema ab, und wir sehen vor unserm geistigen Auge die gigantischen Formen der Gebirgswelt, die Gletscher, die Alpenseen, die wundervolle Blütenpracht der Alpenwelt usw. erstehen. Dieser Umstand soll uns immer vor Augen halten daß jede Einzelerkenntnis der Erforschung eines Klimas und seiner Wirkungen erst dann seine volle Bedeutung erlangt, wenn sie in Zusammenhang mit dem Großen und Ganzen gebracht wird. Die Forschung geht ganz allgemein zwei Wege. Zuerst erfolgt die *Analyse* d. h. die Zerlegung des Komplexes Klima in seine einzelnen Komponenten. Ebenso studieren wir die Wirkungen des Klimas auf die Organismenwelt in der Weise daß wir Einwirkungen nachgehen und etwa den Einfluß des Klimas auf die Vegetation, auf die Blutbildung usw. verfolgen. Der zweite Weg ist der der *Synthese*. Ebenso wie wir in einem Konzert genau heraushören können welche Instrumente beteiligt sind und zunächst jedes einzelne Instrument für sich eingüßt wird, aber erst dann der volle künstlerische Genuß zur Entfaltung kommt, wenn wir den Zusammenklang aller Instrumente in ihrer Synthese auf uns einwirken lassen, genau ebenso wird uns das Wesen eines Klimas erst dann verständlich, wenn wir das Zusammenspiel aller einzelnen seiner Faktoren erkannt haben. Bei der Einwirkung eines Klimas auf die Organismenwelt erhalten wir ebenfalls erst dann ein richtiges Bild

wenn die beobachteten Einzelercheinungen in Wechselbeziehungen zueinander gebracht sind, und wir klar erkennen, was primäre Wirkungen und was Folgeerscheinungen von solchen sind

Betrachten wir die Forschungen über das Klima als solches dann können wir besonders schon verfolgen, wie die analytische Tätigkeit mehr und mehr durch die synthetische abgelöst wird. Zunächst wurde die Atmosphäre auf ihre Bestandteile analysiert, der Gehalt an einzelnen Gasen wurde genau festgestellt. Im Laufe der Zeit kamen Forschungen über die Strahlenarten hinzu. Ferner bemerkte man mehr und mehr, daß in der Atmosphäre enthaltene korpuskuläre Elemente (Staubteilchen) in mannigfacher Hinsicht von Bedeutung für den Gang der Sonnenstrahlen sind. Schließlich entstand die Idee, daß die Atmosphäre in gewissem Sinne gleiche Verhältnisse darbiete, wie ein Lebewesen. Sie enthält alle Zustandsformen, die wir gewohnt sind in einzelnen Zellen anzutreffen. Angefangen von Ionen bis zu im kolloiden Zustand vorhandenen Stoffen treffen wir in der Atmosphäre alle Zustandsformen in ihren mannigfaltigen Wechselbeziehungen an und wissen, daß eine Veränderung an irgendeiner Stelle sich im ganzen System in mannigfacher Weise auswirken muß. So ist der Begriff des Klimas mehr und mehr mit der Anschauung einer Summe von Einzelercheinungen verknüpft worden. Es wird noch vieler Arbeit bedürfen, um die einzelnen Zustandsformen der Atmosphäre in ihren Wechselbeziehungen restlos zu erkennen. Vor allen Dingen bedarf das Studium der Sonnen- und Mondstrahlung noch eingehender Forscherarbeit. Wir wissen über das kurz skizzierte hinaus, daß es unmöglich ist, ein Klima einzig und allein von der Zusammensetzung seiner Atmosphäre an allen einzelnen ihr zukommenden Bestandteilen aus zu beurteilen. Vielmehr kommt die Wechselbeziehung zwischen Atmosphäre und der ganzen Umwelt sehr stark in Frage. Ein wundervolles Beispiel hierfür bietet das Tal, in das Davos eingebettet ist. Mit großem Danke gedenken wir der Pionierarbeit von Dornó, der aus eigener Kraft und mit eigenen Mitteln für die Erforschung des Klimas und insbesondere des Hohenklimas ein unvergängliches Fundament geschaffen hat. Von seinem Institut aus sind Anregungen in die ganze Welt hinausgegangen, die sich mehr und mehr als fruchtbar erweisen.

In ganz besonders intensiver Weise erkennen wir, daß erst dann ein befriedigendes Ergebnis erzielt ist, wenn es uns geglückt ist, Einzelbeobachtungen in das ganze große Geschehen hineinzustellen, so bald wir die *Klimawirkungen auf die Organismenwelt* betrachten. Jedes Klima wirkt sich in der ihm ausgesetzten Organismenwelt in mannigfacher Weise aus. Wir haben ein entwicklungsmechanisches Experiment von allergrößtem Ausmaße vor uns. Es wird uns das ganz besonders eindringlich klar, wenn wir aus der Ebene in die Höhe aufsteigen. Je größere Höhen wir erreichen, um so mehr gelangen wir in Gebiete, für die bestimmte Daseinsformen charakteristisch sind. Wir verlassen die Baumgrenze und erklimmen Höhen, in denen nur

mehr Strauchformen vorhanden sind. Die bekannte Pflanzenwelt der Ebene ist verschwunden, und wir begegnen einer ganz neuen Flora, die unser Auge durch ihre kleinen Formen und ihre ganz besonders intensive Blütenpracht entzückt. Schließlich tritt auch diese Flora mehr und mehr zurück, und wir gelangen in ein Gebiet, das scheinbar ohne jedes Leben ist.

Von diesen Höhen schweift der Blick unwillkürlich in weite Zeiten zurück, und zugleich eilt er in die weite Zukunft voraus. Wir erkennen in weiter Ferne Städte mit ihrem brausen den Leben, wir sehen die Dunstwolke, die auf ihnen lagert. Da und dort erblicken wir Dörfer umgeben von fruchtbaren Feldern. Wir ziehen unwillkürlich Vergleiche zwischen Stadt und Land und sehen vor unserm Auge die Entwicklung von einfachsten Siedelungen, wie wir sie jetzt noch in primitiver Weise in der Alpenwelt antreffen: zum Dorf und dann in rascher Entwicklung zur Anhäufung großer Menschenmassen auf engstem Raum in den Städten. Wir sehen vor uns Alpenbewohner mit einfachsten Anforderungen an das Leben und auf der andern Seite den Städter, der von Genuß zu Genuß jagt. Gleichzeitig erkennen wir von größerer Höhe herab welche Motive es waren Dörfer und Städte an bestimmten Stellen anzulegen. Ein Blick in die weite Ebene hinein lehrt uns in wenigen Momenten mehr als eine Tulle von lehrhaften Betrachtungen über Geschichte, Kultur usw. Es wird in gewissem Sinne die ganze Entwicklung der jetzigen Zeit aus einfachsten Anfängen in uns lebendig.

Der Gedanke an ein beständiges Werden und Vergehen wird besonders in uns geweckt, wenn wir unser Augenmerk auf die scheinbar leblose Umgebung richten. Bei aufmerksamer Betrachtung sehen wir, daß der scheinbar ewig unveränderliche Fels Einflüssen unterliegt, die ihn mehr oder weniger stark verändern. Wir sprechen von Verwitterung. Wir wohnen einem Kampfe verschiedener Einflüsse bei. Die Kohlensäure der Luft kämpft mit der Kieselsäure um den Besitz von Basen und umgekehrt. Karbonate werden von Kieselsäure zerlegt und Kohlensäure, die vielleicht seit Jahrmillionen, ja Jahrmillionen gebunden war, wird frei. Sie kehrt in die Atmosphäre zurück und wird gelegentlich von einer Pflanze aufgenommen und unter Mitwirkung des Motors, der in letzter Linie für alle energetischen Vorgänge in der belebten und unbelbten Natur verantwortlich ist, nämlich der Sonne — mittels ihrer Strahlung — gebunden. Ihr Kohlenstoff ist nunmehr Bestandteil einer organischen Verbindung geworden, die mit andern Produkten des Zellinhaltes zusammen Anteil an bestimmten Lebensfunktionen nimmt. Die Pflanze, die jenen Kohlenstoff enthält, hat eine beschränkte Lebensdauer. Sie verwelkt und vermodert. Dann zahlreiche Lebewesen und vor allen Dingen Mikroorganismen zerstören den wundervollen Bau jeder einzelnen Zelle. Darüber hinaus wird die Struktur der organischen Verbindungen in tiefgehender Weise verändert. Schließlich bleiben Produkte übrig, die in keiner Weise an den ursprünglichen Bau der einzelnen Verbindungen und

der Struktur der Zellen, der Organe und des gesamten Organismus erinnern. Es sind Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Mineralstoffe usw. entstanden. Alles Produkte, die neuen Pflanzen als Ausgangsmaterial zu ihrem Aufbau dienen können. Die Kohlensäure gehört wiederum der Luft an, sofern sie nicht durch Basen im Boden festgehalten wird. Es kann jedoch auch der Fall eintreten, daß unter vorhandenen besondern Bedingungen die rastlose Überführung der organischen Substanz der Pflanze in die genannten Produkte unterbleibt. Es kommt zur Bildung von Torf, von Kohle usw. Auch so kann Kohlenstoff jahrtausendlang dem Wechselspiel zwischen un belebter und belebter Welt entzogen bleiben bis durch Verbrennung einerseits Kohlensäure dem Kreislauf zurückgegeben wird, und anderseits Energie zum Vorschein kommt, die nichts weiter darstellt als verwandelte Sonnenenergie!

Die Pflanze kann jedoch auch ein anderes Schicksal haben. Die tierischen Organismen sind alle auf die Pflanzenwelt als einzige Quelle von organischer Substanz und von Energie angewiesen. Die in den Pflanzenzellen in chemische Energie verwandelte Sonnenenergie wird im tierischen Organismus bei den Spaltungs- und Oxydationsvorgängen frei. Unsere Körperwärme ist umgewandelte Sonnenenergie, und unsere Muskelmaschine treiben wir gleichfalls mit solcher. Nach tiefgehender Umwandlung der Zellbestandteile der Pflanzen im Magen und Darmkanal übernehmen wir bestimmte geformte Bausteine, die im Blutkreislauf den einzelnen Körperzellen zur Verfügung gestellt werden. Es beginnt der Bau von Zellmaterial besonderer Struktur. Der Stoffwechsel setzt ein. Aus organischen Verbindungen gehen Kohlensäure und Wasser und bei der Umwandlung von Eiweiß außerdem Harnstoff usw. hervor. Die Ausscheidungsprodukte Kot und Harn geben nach umfassender Umarbeit — bewirkt durch die Mikroorganismenwelt des Bodens — der Pflanze wieder Ausgangsmaterial zur Bildung neuer Zellen. So sehen wir in großen Zusammenhängen unbelebte und belebte Natur auf das Engste verknüpft. Wir sehen wie die einzelnen Elemente und Verbindungen von der Pflanze zum Tier gelangen und von diesem wiederum der Weg zur Pflanzenwelt führt, wobei die Mikroorganismenwelt die Vermittlung übernimmt und jenes Baumaterial zurecht zimmert, das für die Pflanzenwelt das geeignete ist. Unwillkürlich wird vor unsern Augen der uns feindlich erscheinende Tod vom Leben überwunden. Vor unsern Augen rollt sich das ewige Leben ab. Stoff und Energie sind in ihrer Menge unabänderlich. Der Kreislauf der letztern führt über die Erde hinaus in das Weltall hinein. Energie strahlt in dieses von der Erde zurück und tritt in Wechselbeziehung zu energetischen Vorgängen anderer Planeten.

Die kurz skizzierten Gedankengänge, die wohl jedem, der einsam in großer Höhe all das auf sich einwirken läßt, was Berg und Tal zum Ausdruck bringen, zum Bewußtsein kommen, mahnen uns immer wieder bei jeder einzelnen Erscheinung, die uns in der Natur entgegen-

tritt, nach Zusammenhängen und Wechselbeziehungen zu suchen. Wir dürfen als Kennzeichen der jetzigen Einstellung der ganzen biologischen Forschung das Suchen nach solchen betrachten. Genau so, wie wir das eben für die Erforschung des Klimas, als solchem gekennzeichnet haben, beginnt auch das Studium der Einwirkung des Höhenklimas auf die Organismenwelt mit ganz speziellen Einzelfragen. Sie schließen sich an Beobachtungen an, die im Jahre 1877 der hervorragende französische Physiologe *Paul Bert* gemacht hat, und die in der Folgezeit von einer Reihe von Forschern (*Viault Munzer* u. a.) vertieft worden sind. Es handelt sich um die Feststellung, daß bei Individuen, die sich in großem Höhen aufhalten (über 2500 m), das Blut ein größeres Bindungsvermögen für Sauerstoff aufweist. Nun enthält das Blut entsprechend den physikalischen Möglichkeiten nur wenig freien Sauerstoff. Er ist im Blutplasma gelöst enthalten. Der bei weitem größte Teil des Sauerstoffes kommt in chemischer Bindung im Blute zum Transport, und zwar ist er mit dem Blutfarbstoff verbunden. Diese Sauerstoffbindung, genannt *Oxyhämoglobin*, ist unter bestimmten Bedingungen leicht in *Hämoglobin* und *Sauerstoff spaltbar*. Die rechte Herzkammer läßt mit jedem Herzschlag Blut, das reich in Hämoglobin ist, den Lungen zufließen. Hier wird das sogenannte venöse Blut in einer außerordentlich großen Oberfläche, nur durch eine ganz dünne Scheidewand getrennt, Luft gegenüber gestellt, die in den sogen. Lungenalveolen enthalten ist. Es findet nun ein lebhafter Gasaustausch statt. Sauerstoff wird aufgenommen und Kohlensäure abgegeben. Nach allen vorliegenden Erfahrungen vollzieht sich der Gasaustausch nach den Gesetzen der Gasdiffusion, das heißt jedes einzelne Gas wandert vom Ort des hohen Druckes nach dem Ort des niederen Druckes (*A. Loewy N. Zuntz* u. a.). Nun kehrt sauerstoffreiches (arterielles) Blut nach dem linken Vorhof zurück. Von da gelangt es zur linken Herzkammer, und nunmehr wird Blut mit einem großen Vorrat an gebundenem Sauerstoff allen Zellen des Körpers zur Verfügung gestellt. Bei jedem Herzschlag wirft die linke Herzkammer arterielles Blut aus. In den Geweben macht sich wiederum das eben erwähnte Gesetz der Gasdiffusion geltend. Sauerstoff wandert in die Gewebe hinein und aus diesen diffundiert Kohlensäure in das Blut. All das vollzieht sich in dem gewaltig großen Kapillargebiet des Kreislaufsystems.

Je höher wir von der Ebene aus aufsteigen, um so mehr verringert sich der Sauerstoffgehalt der Luft. Nun hätte man in Laboratoriumsversuchen gefunden, daß infolge der Färbung der Sauerstoffbindung in Hämoglobin der Sauerstoffdruck in der eingeatmeten Luft in ziemlich weiten Grenzen schwanken kann, ohne daß Erscheinungen des Sauerstoffmangels eintreten (*Regnard Fraenkel Geppert* u. a.). So erschien denn die Beobachtung einer gesteigerten Sauerstoffbindung bei Individuen, die sich in großem Höhen aufhalten, nicht ohne weiteres verständlich. Die Möglichkeit einer großen Aufnahme von Sauerstoff wurde durch die Beobach-

tung erklärt, daß die Zahl der roten Blutkörperchen und damit die Menge des Blutfarbstoffes beim Uebergang in größere Höhen ansteigt

Die erwähnten interessanten Beobachtungen fanden nicht die Aufmerksamkeit, die sie sicherlich verdienten. Es lag das wohl zum Teil daran, daß zunächst nur Beobachtungen in sehr großen Höhen vorlagen, und ferner nur das einzelne Moment der vergrößerten Sauerstoffbindung im Blute in den Vordergrund gerückt war. Dem leider viel zu früh verstorbenen genialen Basler Physiologen *Miescher* entging die große Bedeutung der Feststellungen der genannten Forscher nicht. Er nahm die ganze Forschung auf breiter Grundlage auf. Sein Schüler *Egger* benutzte seinen Aufenthalt in Arosa (1891) wo er Heilung suchte und auch fand, um das Verhalten des Blutes im Hohenklima zu studieren. *Miescher* erkannte sofort, daß insbesondere die für die Blutfarbstoffbestimmung vorhandene Apparatur unzulänglich war. Er verbesserte den vorhandenen Keil-Hämoglobinometer. *Egger* bestätigte die Beobachtungen der französischen Forscher. Von ganz besonderer Bedeutung wurden weitere Versuche, die *Miescher's* Schüler *Suter*, *Karcher*, *Veillon* und *Jaquet* durchführten. Es ergab sich der außerordentlich überraschende Befund, daß die Zunahme der Zahl der roten Blutkörperchen bereits in geringen Höhen einsetzt und eine Anpassung an die Größe der Höhe erkennen läßt. Es wurde so eine außerordentlich feine Einstellung der Blutbildung auf den Sauerstoffgehalt der Luft entdeckt.

Miescher hat am 28. Oktober 1893 in Olten aus Anlaß einer Versammlung der Schweizer Aerzte (Zentralverein schweizerischer Aerzte) die von ihm und seinen Schülern erhaltenen Ergebnisse mitgeteilt. In jenem Vortrag kommt die ganze überragende Bedeutung *Miescher's* zum Ausdruck. Er betrachtete die Einwirkung des Hohenklimas auf den tierischen Organismus und den Menschen nicht nur vom Standpunkt des Verhaltens des Blutes aus, vielmehr bemerkte er eine Veränderung der *Atmung* und mit ihr war selbstverständlich auch eine Beeinflussung des gesamten Kreislaufes verknüpft, sind doch Atmung und Kreislauf in ihren Funktionen unmittelbar verkoppelte Systeme.

Der Befund einer Zunahme der roten Blutkörperchen im Hohenklima gab zu großen Diskussionen Anlaß. Es erhoben sich Zweifel, ob die beobachtete Vermehrung eine absolute sei. Es wurde der Möglichkeit gedacht, daß durch eine veränderte Verteilung der roten Blutkörperchen im gesamten Gefäßsystem eine absolute Blutkörperchenvermehrung vorgetauscht sein konnte. Es konnte dann durch Bestimmung des gesamten Blutfarbstoffgehaltes von Tieren, die aus der Ebene ins Hochgebirge (St. Moritz) verbracht worden waren, und die unter genau denselben Ernährungsbedingungen standen wie die Tiere der gleichen Art und der gleichen Würfe, die in der Ebene (Basel) zurückgehalten wurden, gezeigt werden, daß ohne jeden

Zweifel eine absolute Blutfarbstoffvermehrung beim Aufenthalt in großen Höhen eintritt. Von großer Bedeutung sind in dieser Hinsicht auch die Beobachtungen von *Franz Müller* der in Hunden zeigen konnte, daß die Zahl der kernhaltigen roten Blutkörperchen beim Uebergang aus der Ebene in größere Höhen eine Zunahme erfährt.

Wir verdanken auf diesem Gebiet die erfolgreichsten Versuche in der Neuzeit *Burker*. Er hat die ganze Methodik der Blutkörperchenzahlung und der Hamoglobinbestimmung ganz außerordentlich verbessert. Seine systematischen Untersuchungen über die Beziehungen der Oberfläche der Blutkörperchen zum Hamoglobingehalt haben ein Fundament geschaffen von dem aus sich die ganzen Fragen der Wirkungen des Klimas auf die Blutkörperchenneubildung und die damit verknüpfte Blutfarbstoffbildung in viel exakterer Weise als früher beantworten lassen. Er hat gezeigt, daß die Vermehrung der roten Blutkörperchen im Hochgebirge nicht unbedingt, wie das vielfach angenommen wurde, fast plötzlich eintritt, und ebenso konnte er nachweisen, daß bei der Rückkehr in die Ebene sich unter Umständen über längere Zeiten Nachwirkungen feststellen lassen.

Immerhin bleiben noch viele Fragestellungen offen. Es interessiert uns nicht nur die Vermehrung der roten Blutkörperchen und des Hamoglobins, wir wissen doch, daß eine einzelne Veränderung im Organismus kaum je anzutreffen ist, vielmehr bedingt eine Umstellung an der einen Stelle zwangsläufig zahlreiche *Anpassungsreaktionen*. Es mußte wenn die Zahl der roten Blutkörperchen ansteigt, die Viskosität des Blutes zunehmen. Dadurch wurde dem Herzen eine ganz beträchtliche Mehrarbeit entstehen. Die Beobachtung zeigt, daß der Wassergehalt des Blutes sich ändert. Es ist ferner festgestellt, daß die Reaktion des Blutes nach der sauren Seite hin verschoben wird. Gewiß wird man beim genauern Studium der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Blutes und insbesondere bei der Verfolgung des Gehaltes an bestimmten Ionen im Blute noch mancherlei Veränderungen entdecken, die alle im Dienste einer Anpassung an die besonderen Bedingungen des Höhenklimas stehen. Ich hatte gehofft selbst einige Ergebnisse auf dem erwähnten Gebiet mitteilen zu können, es war nämlich geplant, die ingeniose Methode der Anlegung von Blutgefäßfisteln die wir *London* in St. Petersburg verdanken in den Dienst der Höhenklimaforschung zu stellen. Es handelt sich dabei um Tiere bei denen unmittelbar mit der Gefäßwand verbunden, ohne diese jedoch zu eröffnen, Metallkanülen verbunden sind, deren oberes Ende über die Haut herausragt. Man kann dann jederzeit diese Rohre als Führung benutzen und mittels einer Pravazspritze Blut aus den verschiedensten Gefäßgebieten gleichzeitig entnehmen. Die gesetzte kleine Wunde schließt sich von selbst. Leider haben die politischen Verhältnisse die gemeinsam gedachte Arbeit bis jetzt verunmöglicht. Es ist jedoch zu hoffen, daß die Versuche noch in diesem Herbst zur Durchführung kommen.

Zu großem Nachdenken führt die folgende Beobachtung, die kurzlich *Barcroft* mitgeteilt hat. Er wollte mit mehreren Mitarbeitern die Einwirkung des Aufenthaltes in großem Hohen auf den Organismus des Menschen studieren. Er begab sich deshalb nach den Anden. Er interessierte sich vor allen Dingen für den Einfluß des Hohenklimas auf die *Blutmenge*. Zu diesem Zweck machte er während der Reise auf dem Meere Grundversuche, um ein Maß für die im Hohenklima gemachten Befunde zu haben. Dabei bemerkte er, daß die Blutmenge großen Schwankungen unterworfen ist. Diese Feststellung führte zu genauen Studien über den Einfluß bestimmter Bedingungen auf die Blutmenge. Es wurde gefunden, daß diese mit steigender Temperatur zunimmt. Nun war folgende, außerordentlich wichtige Feststellung gemacht worden. Laßt man Kohlenoxyd einatmen und untersucht dann den Gehalt des Blutes an diesem Gase, dann findet man in allen Gefäßgebieten Kohlenoxyd gebunden an Blutfarbstoff, dagegen kann dieses Gas im Blut, das der *Milz* entnommen wird, vollkommen fehlen. Es ist dies dann der Fall, wenn das Blut kurze Zeit nach erfolgter Kohlenoxydeinatmung entnommen und untersucht wird. Wird nun bei einem Tiere, das Kohlenoxyd eingeatmet hat, durch Einatmung von Sauerstoff jenes Gas wieder verdrängt, dann findet man wenn im Blut des übrigen Kreislaufes kein Kohlenoxydhamoglobin mehr anzutreffen ist, noch solches im Milzblut. Diese Befunde zeigen, daß die Milz nicht wie andere Organe, in den Kreislauf eingeschlossen ist, vielmehr stellen ihre Blutbahnen in gewissem Sinne einen Nebenanschluß dar. Die Milz besitzt in ihrer Kapsel glatte Muskelfasern, mit deren Hilfe sie ihr Volumen ändern kann. Sie kann größere Mengen von Blut aufnehmen und zurückhalten und umgekehrt bei Bedarf von Blut dem übrigen Kreislaufsystem solches abgeben. So erklären sich die Schwankungen der Blutmenge. Diese Feststellungen müssen unter allen Umständen bei jeder Bestimmung der Blutmenge berücksichtigt werden. Der erhobene Befund eröffnet manche Ausblicke und läßt manche bisher recht rätselhaften Feststellungen verständlich erscheinen. Es ist ganz gut denkbar, daß die anfängliche Zunahme der roten Blutkörperchen beim Uebergang von weniger großen in größere Hohen von der Milz aus bestritten wird. Ebenso ist es möglich, daß die beobachtete rasche Abnahme der Zahl der roten Blutkörperchen beim Uebergang in die Ebene, ohne daß eine entsprechende vermehrte Zerstörung von solchen und von Blutfarbstoff feststellbar ist, sich da durch erklären läßt, daß die Milz aus dem allgemeinen Kreislauf Blut aufnimmt und speziell rote Blutkörperchen zurückhält. Es wäre von großem Interesse das Verhalten des Milzvolumens beim Uebergang aus der Ebene in größere Hohen und umgekehrt zu verfolgen.

Hier sei zweier wichtiger Beobachtungen gedacht, die wir *A. Loewy* verdanken. Einmal konnte er zeigen, daß Erscheinungen die unter der Einwirkung des Hohenklimas zutage treten, rückgängig gemacht werden können, indem der Sauerstoffdruck erhöht wird. So

läßt sich die bei manchen Personen beim Aufenthalt in größeren Höhen zu beobachtende Blutdrucksteigerung durch vermehrte Sauerstoffzufuhr bekämpfen. Gleichzeitig stellte er fest, daß diese Blutdrucksteigerung offenbar zentral vom Gefäßzentrum aus bedingt ist und sehr wahrscheinlich mit der oben erwähnten Verschiebung der Relation des Blutes zusammenhängt. Feiner hat was besonders bedeutungsvoll ist A. Loewy darauf hingewiesen, daß man nicht allgemein von Sauerstoffmangel reden darf, vielmehr muß berücksichtigt werden, daß innerhalb jedes Organismus Zellen vorhanden sind, die ein ganz verschiedenes Sauerstoffbedürfnis aufweisen. So wissen wir, daß vor allen Dingen das Nervensystem besonders empfindlich gegen über Sauerstoffmangel ist. Es kann somit ein ganz bestimmter Sauerstoffgehalt der eingeatmeten Luft vollkommen ausreichend für viele Organe sein während andere unter Sauerstoffmangel leiden. Man wird in Zukunft diesen außerordentlich bedeutsamen Gedanken gangen mehr nachzugehen haben.

Ein weiteres Gebiet das eingehend erforscht worden ist und jetzt wieder mehr und mehr in Fluß kommt ist die Frage nach der Einwirkung des Höhenklimas auf den *Stoffwechsel*. Es sei auf die außerordentlich wichtigen Untersuchungen des hervorragenden italienischen Forschers *Mosso* auf die grundlegenden Untersuchungen von *N. Luntz*, *A. Loewy* u. *Schlotter* und ihren Mitarbeitern auf diejenigen von *Dunig* und endlich auf diejenigen von *A. Jaquet* und *R. Stachelin* u. a. verwiesen. Es besteht kein Zweifel, daß die Einwirkung des Höhenklimas auf den Gesamtstoffwechsel bei verschiedenen Individuen nicht einheitlich ist. Man wird erst dann einen klareren Einblick in das Wesen der Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge erhalten wenn die Erforschung des Zwischenstoffwechsels, der sich in den einzelnen Zellen vollzieht weiter fortgeschritten ist. Wir sind überzeugt davon, daß das Klima und insbesondere das Höhenklima wie jede besondere Bedingung, Einfluß auf alle jene Organe besitzt, die als *Exkretionsorgane* bezeichnet worden sind und die gemeinsam mit dem vegetativen Nervensystem in sanfter Weise die Stoffwechselvorgänge in den Zellen regulieren. Das Ergebnis einer Stoffwechseluntersuchung liefert uns eine Bilanz, deren einzelne Faktoren in mannigfaltiger Weise verändert sein können, ohne daß das in ihr zum Ausdruck kommt. Genau so wie wir bei einer Geldbilanz Einnahmen und Ausgaben in den einzelnen Posten in einer unüberschubaren Fülle von Möglichkeiten binden können ohne daß das Gesamtergebnis eine Veränderung erfährt, ebenso können in den Zellvorgängen ungezählte feine Vorgänge in bestimmter Richtung verschoben sein, ohne daß uns das Endergebnis eines Bilanzversuches etwas davon berichtet.

Ein Problem von grundlegender Bedeutung ist ob wir für die Wirkungen des Höhenklimas nur den Sauerstoffgehalt der Luft in Betracht ziehen dürfen. Es spricht sehr vieles dafür daß das nicht der Fall ist. Es sind ohne Zweifel mannigfache Faktoren, die ihre

Wirkung auf den Organismus entfalten. Besonders eingehend ist in letzter Zeit die Einwirkung bestimmter Strahlenarten auf den tierischen Organismus studiert worden. Vor allen Dingen sind die ultravioletten Strahlen ohne Zweifel von großer biologischer Wirksamkeit. Wir wissen vor allen Dingen dank der Forschung von *Dorno* daß für die Pigmentierung der Haut nur die genannten Strahlen in Betracht kommen. Groß ist die Zahl der Beobachtungen über den Einfluß bestimmter Strahlen auf chemische Reaktionen und ebenso auf physikalisch-chemische Systeme. Von ganz besonderer Bedeutung sind die Beobachtungen von *Heß* der nachweisen konnte daß Fettarten, die nicht imstande waren Tiere bei denen experimentell Rachitis hervorgerufen war, im Sinne einer Heilung des gestörten Knochenwachstums zu beeinflussen, eine solche Wirkung zeigten sobald man sie mit ultraviolettem Licht bestrahlte. Es ist weiterhingeht, Cholesterin durch die erwähnte Bestrahlung zu aktivieren. *Fuler* berichtet gleiches vom Glycerin. Auch von andern Stoffen liegt die Beobachtung vor, wonach durch die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht antirachitische Eigenschaften hervorgerufen wurden. *Sonne* hat mitgeteilt daß nicht antirachitisch wirksame Öle ohne Einfluß auf die photographische Platte sind, während bestrahlte diese beeinflussen. Es handelt sich dabei offenbar um Gase, die zur Abgabe gelangen und die einen chemischen Einfluß auf bestimmte Bestandteile der photographischen Platte ausüben. Diese Feststellungen erinnern mich an Beobachtungen, die ich vor einiger Zeit (*Pflügers Archiv* 176, 241 1919) mitgeteilt habe. Ich konnte zeigen daß Schmetterlinge, die durch ein dünnes Seidenpapier von der photographischen Platte getrennt auf diese aufgelegt wurden ein Bild erzeugten. Wiederholung dieser Beobachtungen mit Schmetterlingen, die im Dunkeln aus ihrer Puppe ausgeschlüpft und solchen, die schon einige Zeit aufbewahrt worden waren, zeigten ein negatives Resultat. Auch sonst ließ sich der erhobene Befund nicht immer nachweisen. Ich werde diese Beobachtungen weiter verfolgen. Es ist leicht möglich daß sie in unmittelbarem Zusammenhang mit den Feststellungen von *Heß* stehen.

Es sei ferner der folgenden außerordentlich wichtigen Beobachtung gedacht. Bekanntlich hat *Krogh* nachgewiesen, daß die Anzahl der Blutkapillaren in engstem Zusammenhange mit dem Funktionszustande der Organe steht. Er konnte zeigen daß ein ruhender Muskel bedeutend weniger Blutkapillaren aufweist als ein tätiger, das heißt mit andern Worten, es werden, wenn ein bestimmtes Gewebe keine besonderen Ansprüche zu erfüllen hat, zahlreiche Blutkapillaren außer Betrieb gesetzt. Dieser Umstand gibt zu denken und fordert dazu auf vor allen Dingen das Verhalten der Hautkapillaren im Hohenklima vom Gesichtspunkt einer Anregung des Zellstoffwechsels und einer dadurch bedingten großen Anforderung an das lokale Kreislaufsystem zu betrachten.

Feiner ist von großer Bedeutung daß die Kapillaren in ihrer Weite für sich eine Veränderung erleiden können. Nun ist festgestellt worden, daß, wenn die Haut mit ultravioletten Strahlen bestrahlt wird, eine Reaktion erfolgt. Wir haben oben schon von dem Auftreten von Pigmenten gesprochen. Wenn alle Erscheinungen der Bestrahlung scheinbar verschwunden sind, so kann durch mechanische Reizung ausfindig gemacht werden, welche Hautteile seinerzeit den erwähnten Strahlen ausgesetzt worden waren. Es zeigen nämlich die Blutkapillaren auf sehr lange Zeit hinaus eine erhöhte Reaktion auf Reize. Diese Beobachtung lehrt uns bei der Abschätzung der Einwirkung der einzelnen Klimafaktoren auf den Organismus sehr vorsichtig zu sein. Da, wo wir glauben, berechtigt zu sein, jeden Einfluß zu verneinen, kann morgen schon eine Tatsache zum Vorschein kommen, die zeigt, daß wir vielfach nur deshalb auf bestimmte Fragen keine Antwort erhalten, weil sie verkehrt oder aber nicht scharf genug gestellt sind.

Die Erforschung der Einwirkung des Höhenklimas auf die Organismenwelt stellt die gesamten biologischen Probleme auf. Handelt es sich doch in Wirklichkeit einfach um die Frage der Reaktion von Lebewesen auf bestimmte Bedingungen. Überall im ganzen Zellleben handelt es sich um einen Kampf um Gleichgewichte. Wir können uns jede Zelle die Gewebsflüssigkeit, das Blut usw. als ein physikalisch-chemisches System vorstellen. Die Zellen sind nicht mehr allzu fern, in denen die Strukturformeln, die wir für bestimmte Verbindungen aufstellen, ergänzt sein werden durch andere, die weit darüber hinaus die gesamten physikalisch-chemischen Strukturen eines bestimmten Milieus umfassen. Die Einzelverbindung, die wir um ihre Struktur und ihre Funktion kennen zu lernen, aus dem Zusammenhang mit anderen Zellinhaltsstoffen herausgelöst haben, wird mehr und mehr zurücktreten. Weder die Zellen noch das Blut usw. enthalten für sich funktionierendes und für sich bestehendes Eiweiß, Kohlenhydrat, Fett usw. vielmehr stehen alle Zell-, Blut- und Lymphinhaltsstoffe mit Einschuß der Mineralstoffe in engsten Wechselbeziehungen zu einander und nur ihr gemeinschaftliches Wirken vermag die Zellfunktionen verständlich zu machen. Die Zelle hat außerordentlich viele Möglichkeiten des Ausgleichs und der Anpassung. Fortwährend wird bald da, bald dort ein bestehendes Gleichgewicht nach dieser oder jener Richtung verschoben. Sofort kommt es zu Gegenmaßnahmen. Treffen wir auf der einen Seite auf Bestimmungen, die die großen Zusammenhänge der unzähligen Wechselbeziehungen zwischen den Vorgängen in Einzelzellen und darüber hinaus zwischen denen aller Elementarorganismen eines gesamten Organismus aufzuklären trachten, so ist die Zeit auf der anderen Seite nicht mehr fern, in der man auch die Struktur der Atome mit für die Erklärung der Wirkung einzelner Zellinhaltsstoffe heranziehen wird. Die so außerordentlich rasch emporblühende Atomphysik wird bald für die Biologie fruchtbar werden.

Wenn ich noch einen andern Punkt hervorheben soll, der für die moderne Forschung von größter Bedeutung geworden ist, so ist es die Feststellung der außerordentlichen Bedeutung der Wirkung von Spuren von Stoffen. Wir wissen, daß in unserm Organismus weder die Körpertemperatur, noch die Reaktion in den Zellen und im Blute usw. noch der Gehalt an einzelnen Ionen konstant ist, vielmehr finden innerhalb ganz geringer Breiten beständig Änderungen statt. Unsere Methoden sind vielfach zu grob, um ihnen in ihrer Feinheit folgen zu können. Wir wissen aber, daß alle diese feinsten Veränderungen maßgebend für das ganze Zellgeschehen sind. Man wird bei der Höhenklimaforschung dieser Spuren gedenken müssen. Sie können Folgen von ganz außerordentlichem Ausmaße zeitigen.

Hat die Höhenklimaforschung für die gesamte Biologie außerordentlich viele Anregungen gebracht, so erscheint sie mir darüber hinaus berufen zu sein, ein neues Fundament für die Auffindung von latenten Störungen im Organismus zu sein. Ich möchte von Belastungsproben sprechen. Es kann ein Organismus so beschaffen sein, daß er bei den gerade vorhandenen Ansprüchen keine Störungen zeigt. Sobald jedoch die Anforderungen gesteigert werden, vermag er sich nicht mehr an diese anzupassen. So kann der Herzmuskel so beschaffen sein, daß er bestimmten Anforderungen, die an das Kreislaufsystem gestellt werden, durchaus gewachsen ist. Erhöhen sich diese jedoch, dann ergeben sich Störungen. Wir bemerken, daß viele Personen, ohne irgendwelche Störungen zu zeigen, aus der Ebene in größere Höhen übersiedeln. Andere dagegen weisen zu ihrem sehr großen Eistum mannigfache Störungen, wie Schlaflosigkeit, Kurzatmigkeit, gesteigerten Blutdruck usw. auf. Die Belastungsprobe des Höhenklimas deckt ein herabgesetztes Anpassungsvermögen an verminderten Sauerstoffgehalt der Luft auf und gibt ohne weiteres Anlaß, nachzuforschen, worauf im einzelnen Falle das Versagen bestimmter Funktionen zurückzuführen ist. Man wird ohne Zweifel in Zukunft die bereits vorhandenen Belastungsproben erweitern und so das diagnostische Rüstzeug zur Erkennung bestimmter Störungen (vor allem der latenten) entsprechend vermehren.

Die Erforschung des Höhenklimas hat weit über die rein wissenschaftliche Bedeutung hinaus großen Einfluß auf hygienisch soziale Probleme gewonnen. Wir hören aus den Vorträgen von Hill, Peier u. a., von welcher großer Bedeutung Luft und Licht für die Entwicklung des Organismus sind. Wir wissen, daß nicht nur in den Städten, sondern auch in Dörfern und vor allen Dingen auch solchen der Alpengegenden Wohnungsverhältnisse vorhanden sind, die den ausreichenden Zutritt von Luft und vor allem von Sonnenlicht unmöglich machen. So werden ungezählte Familien und vor allen Dingen deren Nachkommenschaft unter Lebensbedingungen gesetzt, die zwangsläufig die ganze Entwicklung des Organismus in die Bahn des Krankhaften drängen und darüber hinaus das künftige Leben der heranwachsenden Jugend nicht voll zur Entfaltung gelangen lassen.

Ueber den großen Städten lagern Dunst und Staubwolken und blendet man und für sich viel Sonnenlicht ab. Die enge Bauweise trägt dazu bei, um ungezählte Menschen vom Genuß von guter Luft und gutem Licht auszuschließen. Die Klimaforschung hat das große Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, daß der Organismus in weitaus höherem Maße von den Bedingungen der Umwelt abhängig ist, als man dies bis vor kurzem allgemein angenommen hat. So reifen aus der guten Tat, die die Graubündner Bevölkerung unter Führung des weitsichtigen Landmanns *Branger* durch Gründung und Ausstattung des Davoser Institutes für Höhenklimaforschung vollbracht hat, Früchte heran, die für die ganze Menschheit von großem Werte sind.

The influence of sunshine and open air on health

By *Leonard Hill* from the National Institute for
Medical Research, London

Ionisation We can find no evidence that the state of „Ionisation‘ of air has any influence on health. Experiments carried out on cotton wool filters placed in ventilation ducts showed us that stuffiness was due to the enormous lowering of the cooling power of the air by such filters. Given the same velocity and temperature of air the observers were unable to detect whether the air passed through the wool filters or not.

We were unable to confirm the claim, that rickets could be prevented in young rats fed on a ricket producing diet by exposing them, in a chamber to air which had been previously radiated by ultra violet rays. The beneficial effect has been traced to radiation of the saw dust in the chamber and to activation of phytosterol in it — any sterol yielding on ultra violet radiation the anti rachitic substance minute amounts of which eaten by the rats suffice to prevent rickets. The prevention of rickets by such radiation of rats or children is then probably due to activation of cholesterol in the skin.

We find that ultra violet radiation causes the minimal amount of phosphorus or calcium, in a deficient diet, which is necessary for normal bone building to be absorbed from the alimentary canal. The antirachitic substance in cod liver oil which can be induced in other oils by radiation is not vitamine A but activated cholesterol. Radiated oils do not give off ultra violet rays as has been claimed. The error arose we believe through use of quart screens which fluoresce and effect photographic plates. Ultra violet radiation improves growth egg laying fewer and fertility of fowls. Good results appear to have come from giving tubercular children radiated milk. It is possible that activated sterol is the agent in all these effects.

The chemical purity of the air The lay public erroneously believe that the ozone content and chemical purity are of fundamental importance at mountain and sea side resorts. Ozone exists in the highest regions of the atmosphere and limits by absorption ultra violet radiation of sunshine to 2900 Å. At sea level the

evidence of the existence of ozone has been questioned. Oxides of nitrogen are present and dissolved in the rain and dew offer a source of nitrogen which may be absorbed by the green leaf. The Carbon dioxide content of the alveolar air of the lungs is kept constant by the breathing mechanism at about 5 per cent and thus the small increase of this gas in ill ventilated rooms can have no effect. There is less oxygen breathed in each litre of air at Davos a famous health resort, than in the most crowded room in London. It is astonishing that our climbers have reached 28 000 ft on Mt Everest without the aid of oxygen. The apparatus used by them delivered oxygen by a tube into the open mouth and thus could inappreciably raise the tension of oxygen dissolved in the blood, which tension is most important to the heart. To get adequate help from oxygen breaths of the pure gas must be inhaled from a bag by the climbers.

There is no evidence of a chemical poison being exhaled. The ill effects of crowded stuffy rooms are certainly not due to such

Microbic infection. Catarrhal infections spread in crowded stuffy rooms. Such infection is greatly lessened by open window ventilation as we showed by spraying a room with a weighed quantity of culture and exposing culture plates at intervals of time first with all windows shut and then with one open. In Washington it was found recently that the hours lost by scholars due to catarrhs was on the average six times as numerous in plenum heated schools as in a school ventilated by open windows. That experimental infection of Influenza by close contact has failed is due probably to the fact that influenza is caused by a filter passing virus which is present for one day only in the nasal secretions, to be followed by secondary infections. After the initial one day stage of chill the specific infectivity is over. M. Gordon has recently shown that this happens in the case of the virus of vaccinia with which he infected the nasal mucous membrane of, and produced catarrh in rabbits.

We have no evidence that mere exposure to cold causes catarrhal disease. The popular view that this is so is due to the chill and shivering that ushers in an infection, and to the prevalence of malaria in past centuries and the hyper sensitivity of malarial patients to cold.

The remarkable experiments of Chodounsky on himself and the general experience of those submitted to severe exposure in the war and of fishermen, ship wrecked people and arctic travellers show that catarrhs and pneumonia are not caused by cold. Fatigue is much more to be feared and a lowering of resistance by a deficient in Vitamine by overfeeding diet and crowding in sunless stagnant and infected atmospheres.

The Physiological Saturation deficit. The expired air whatever be the temperature and humidity of the inspired air, is approxi

mately saturated at 33° C Cold air even if saturated contains little water by weight, about 5 g per c m at 0° C against 45 g at body temperature It can be reckoned then that on a cold day and sleeping by night on a verandah, evaporation from the lungs might be 700 g of water, against 300 for ordinary sedentary life in a city and 200 for a worker in a warm humid cotton mill The total heat loss from the respiratory tract may be varied from 150 Calories for the ordinary indoor sedentary life or half this in a very humid warm atmosphere, to 600 Calories for the vigorous outdoor life

The respiratory mucous membrane is thus in outdoor life far more thoroughly irrigated with arterial blood and washed with secretion and thus defended from infection The high cooling power of moving air out of doors has also to be made good by a greater flow of arterial blood through the parts of the face and the mucous membrane of the nose, and its sinuses, and this is kept taut and the air way free Congestion of these parts in stagnant warm moist atmosphere causes stuffy feelings and headache The want of adequate circulation and lymph flow through, and evaporation from the respiratory membrane must be conducive to catarrhal disease and phthisis Middle aged cotton spinners have a high death rate from respiratory diseases While infant mortality has been halved in the last few decades nothing has been done to extend the expectation of life of late middle age in our manufacturing cities

At high altitude in the Alps there is a greater volume of breathing to make good the oxygen supply while the air is cold and contains little water by weight, thus the respiratory membrane there keeps up its resistance to disease Baths, particular salt water by washing the nose and throat keep up immunity to catarrhs Sea water and sea fish in the diet at the same time add iodine to the intake of the body

The cooling power of the air The depression of the basal metabolism by too sedentary a life in a confined warm atmosphere lessens nervous health and vigour and is a contributory cause of tuberculosis and other ailments, particularly of the alimentary organs Growth may be stunted and rickets and tuberculosis induced by deficiency of food in quality as well as quantity but also by depression of metabolism by a confined and dark environment Disorder of the digestive organs is enhanced by the lack of that massage and vigorous circulation of well oxygenated blood, which results from muscular exercise and deep breathing We want neither the excess of muscle of the prize fighter or of fat of the indolent and over fed man, but the perfect neuro muscular condition of the wild animal, and to gain the right qualities the metabolism requires to be adequately stimulated by the cooling power of the open air, not reduced by the too close confinement in schools and too long hours of sedentary occupation Cramming in rooms for competitive examinations

makes pale weeklings of growing boys and girls. The old must not impose on the young the conditions of environment which suit them, neither must the windows be shut by the thin clad teacher accustomed to hot stuffy rooms. Exposure to cold must not however be excessive and beyond the absorptive power which maintains the body heat loss and growth. Exposure to cold gives the natural impulsion to labour and the most energetic races are found in the cold regions of the earth. But too high a cooling power makes the sedentary worker uncomfortable and puts him off work. The tendency has been to overcloth and overheat rooms. Artificial heated rooms should be regarded as injurious to vigorous health, they are but used successfully by farmers in the raising of stock. The minimum of heat should be used which suffices to make sedentary work comfortable, and compensation for sedentary occupation taken by a daily period of open air exercise and sleeping in open verandahs or with wide open windows.

While the heat production of the body is about 1700 Calories per diem at rest in the post absorptive state it rises to some 9000 when paddling about on the sea shore and 15 000 to 20 000 when swimming the British Channel. To the increase of metabolism and exposure to sunlight the good of a seaside or mountain holiday is to be largely attributed.

The dry bulb thermometer is insensitive as it is to wind, is a poor guide to ventilation. The katathermometer is better, giving a measure of the cooling power of the air acting on its surface, dry or wet at skin temperature, and affords a most sensitive anemometer. The cooling power is obtained by means of a factor in mill calories per sq cm per sec, and the velocity of the air by the use of a table. In the Alps the dry kata cooling power as shown by Dorn is equable and moderate and the wet kata cooling power high owing to the high physiological saturation deficit. The shaded cheek temperature is also low, indicating a high resting metabolism. There is a close relation between cheek temperature, dry kata cooling power and the resting metabolism.

Open air Sanatorium treatment of tubercular children puts up the basal metabolism above Benedict's standard figures from 50 to 100 per cent, and this rise occurs in the pigmented no less than in the unpigmented. Children undergoing sea bathing in an English Sanatorium showed metabolism figures as high as those given by clothed children exposed to a very cold Alpine wind on a cloudy day. For weakly children the exposure at the seaside may be too great, they do better inland. Children whose basal metabolism has been put up by open air treatment continue to show a high rate when confined in a warm room. They are tuned up and as is the case with Europeans on going to the tropics, it takes time to make the „fire of life“ burn feebly. The native students of Singapore have a daily metabolism not equal to half that of an English student.

The influence of light The infra red visible and longer ultra violet rays have no perceptible action on the skin or on bacteria so long as their heating effect is prevented. Thus the concentration of the sun on the skin by means of a quartz lens, interposing a screen with parallel sides of quartz filled with a 3 % quinine solution has no effect so long as the skin is irrigated with cold water. All rays shorter than 3300 Å are cut out by the quinine solution. If a saturated uric acid solution 1 in 40 000 be used as the screen, and this is 6 cm deep, rays shorter than 3060 are cut out. Sun burn is then obtained due to ultra violet rays between 3300 and 3060. Using a xanthine solution which cuts out rays shorter than 2870 the sun burn effect is greater on clear days but scarcely so in the London suburban atmosphere. With an arc lamp as the source of light a much greater difference appears when the xanthine screen is used in place of the uric acid.

Using a powerful cadmium spark and quartz spectroscopy erythema of the skin can be obtained from exposure to the 2750 and 2570 bands, but not in the case of the 2320 band. The last band kills infusoria exposed to it in a drop of water ten times more quickly than the 2750 band. Rays of this shortness are biologically very active but cannot penetrate the horny layer of the skin. Hauser and Vahle, using a mercury vapour lamp and quartz spectroscopy, and rays of the same energy value, showed that the 2970 band gave maximal erythema of the skin 3130 45 % of the maximal, 3020 58 %, 2890 30 %, 2650, 19 %, 2530 16 %. The greatest effect is produced by the high sun rays, 3050—2950, but longer ultra violet rays, 3200—3050 if intense enough may of course produce severe sun burn and it is these rays which act most in the English climate with its high content of dust and vapour. With arc lamps probably no rays shorter than 2400 penetrate the horny layer of the skin.

According to modern theory the rays act in quanta and displace electrons from their orbits in the atoms thus setting up in living cells of the epidermis a secondary molecular reaction, which after a latent period produces erythema, oedema etc. Only these rays which are absorbed by, have action on the epidermic cells. The absorption of ultra violet rays by egg white and by amino acids such as tyrosin corresponds to the biologically active region of ultra violet ray. The longest ultra violet rays and visible rays penetrate to the cutaneous blood and warm that — even heating it to 47.5° C as shown by Sonne and confirmed by us, when concentrated on the skin up to the limit of tolerance. The red rays penetrate deeper and reaching the joints and muscles warm these. Such local heating effect has a beneficial result just as hot fomentations and diathermy have. Dark heat rays are absorbed mostly by the superficial moist layers of the skin and heat the cutaneous blood much less than visible rays do. Radiant visible heat of a fire is

therefore preferable to the dark heat of a steam coil. Over heating of tubercular and particularly febrile patients should be avoided. Exposure should not be in hot sun boxes, but in cool open air and to sky shine, or early morning direct sun. It is quite easy to heat the fur of a rabbit's head to 150°F and its brain to 105°F by exposing it to the sun or an arc while shading the body and keeping the rectal temperature at 100°F . Sunstroke may be caused by local heating of the head while heat stroke results from heating of the whole body through failure of the sweat mechanism. A wet sheet and a fan supplying this mechanism artificially prevents heat stroke. All cases were thus prevented in the war hospitals in Mesopotamia, the failure to sweat being detected by visitation of each patient twice daily.

The middle ultra violet rays act on the living cells of the epidermis scarcely penetrating to the most superficial cutaneous blood vessels. The longer middle rays penetrate to the deepest stratum and the shorter middle rays to the superficial stratum of living cells. The short ultra violet rays e.g. shorter 2400 do not penetrate the horny layer and have therefore no action. The whole range of middle ultra violet rays appear to have the same kind of effect on the living cells — a clumping together of granules due to alteration of electrical charge followed by death and disruption of the cell. J. E. Barnard uses a quartz lensed microscope and ultra violet rays to photograph and to exhibit the structure of living cells, yeasts, bacteria, the new cancer virus etc. Over action of the rays produces granulation quickly in these minute organisms. One anthrax bacillus screens another from the action of the short rays, so slight is the penetration. There is no evidence that the various artificial sources of ultra violet radiation have any different effect on the epidermis other than that depending on mere superficial or deeper penetration. The amount of subsequent pigmentation depends on the depth of penetration, and probably in the case of the sun also on the heating effect of the visible rays.

One clinician uses lamps weaker in ultra violet rays and stronger in heating effect, and gives long exposures, another just the opposite. One believes in securing pigmentation, another avoids it. All alike seem to secure curative effects. Some minimal dose of active ultra violet rays is required and the need of the moment is to find out the most economical method of securing this dose. The haemo bactericidal power of the blood, tested in vitro, increases when the dose of ultra violet radiation is sufficient to produce erythema. By ultra violet radiation of a little blood in a quartz flask, rotated so as to secure a thin film and the return of this blood to the animal the haemo bactericidal power of its blood can also be put up, although this power is destroyed in the blood which was radiated. Heat and mustard poultices which pro-

duce a lasting erythema also put up this power. An over dose of sun may lower it. It is very low and cannot be put up in septicaemic states by radiation of the skin — a warning against sun treatment in acute febrile conditions. Ultra violet radiation of the skin has, we find, no effect on specific antigens, e.g. on the content of the blood in typhoid agglutinin or diphtheria antitoxin. All such antigens are destroyed when the blood itself is radiated in thin film. The epidermis offers a vast field of living cells exposed to the insults of the world. Such insults seem to provoke the immunising powers. Excessive damage and reaction is harmful, producing shock, a small amount stimulating and useful. If the body is fighting an acute disease, reactions in the skin set up by radiation may be harmful, while most useful in chronic infections and states of debility.

Owing to the small penetration of the ultra violet rays we must assume that in lupus nodules bacilli are not directly killed by local radiation, but destroyed by the subsequent reaction and heightened immunising power. How slight is the penetrating power of the biologically active ultra violet rays is not always sufficiently realised. A layer of guinea pigs mesentery spread over a quartz cell containing infusoria will prolong the killing time of the mercury vapour lamp from say 5 to 80 minutes. A film of desquamating epithelium or blood painted on the skin protects it from ultra violet rays. Infusoria protected by the cornea of the eye of a cat are found unharmed after an hour's exposure close to the mercury vapour lamp. Few of the active ultra violet rays reach the lens and none the retina. Only the longer ultra violet rays penetrate to it together with the visible rays. It is suggested that cataract may be caused by sensitisation. Fish with salts of silicon or calcium added to the water of the aquarium have opacities develop in the cornea. The sensitisation to visible rays with haematoporphyrin, eosin and other dyes is well known and is due to union of the sensitiser with the cell protoplasm and a consequent absorption of visible rays. A remarkable crowding of leucocytes with formation of thrombi occur in the blood vessels of the sensitised mesentery exposed to rays through a quinine screen and irrigated with Ringer solution so as to keep it cool. The normal mesentery is unaffected by concentrated visible rays. We have failed to find evidence that the local treatment of lupus with ultra violet rays is improved by painting the skin with eosin. Intradermal injection might perhaps succeed. Injection of haematoporphyrin so as to sensitive tissues, and not the blood, might be useful. Melanin, which is particulate in the cells is not a sensitiser, but a screen protecting the epidermic cells and the blood from over radiation. By absorbing and converting rays into heat Melanin brings about stimulation of the nerve endings in the epidermis, and this excites sweating, which in its turn protects from over heating.

Some claims have been made that the biological action of the ultra violet rays is interfered with by the simultaneous action of longer rays infra red or visible. Prolonged and we believe more exact experiment has convinced us that no such interference occurs. At first we thought we obtained some slight interference in the case of infusoria exposed to red rays in addition to the mercury vapour lamp. They seemed to move actively for a little longer time than without the red rays. We later convinced ourselves that immobility and death took place in the same time whether red rays were used or not. The same conclusion was reached on studying (1) the effect of ultra violet rays, with and without visible rays, on the mesentery (2) the frog's stomach the large intestine of the frog and rabbit and the non pregnant guinea pig's uterus (3) the resting metabolism of rabbits and man. We wholly failed to confirm the claims recently made that visible rays antagonise the excitatory effect of ultra violet rays on the stomach, intestine and uterus. These rays have no effect on the resting metabolism.

Some immunity to a second exposure is set up in the epidermis within a few hours after the first exposure. This we believe is due to coagulation of the surface layer of living epidermic cells and consequent thickening of the screen of horny cells. Oedema contributes to this thickening. Just after desquamation the thinner skin is very sensitive to radiation while it is most insensitive while covered with the desquamating layer. These facts should be borne in mind when arranging the periods of treatment. In the choice of a garment if any is to be worn during light treatment, an artificial silk material thin and open meshed screens off least ultra violet rays, but with even such the loss is at least 50 per cent.

Window glass, clothing and smoke pollution screen off almost all ultra violet radiation from our citizens in winter. Hence the development of rickets in winter. Owing to smoke pollution in our big cities the ultra violet rays are cut down to one half, or a third, of their value in clean country places. To measure these rays a standard acetone methylene blue solution is exposed in a standard quartz tube to the uninterrupted sun and sky shine each day and the fading of the blue measured against a set of standard blue tubes. The scale is biologically standardised. One degree on it signifies two to four times the erythema dose (skins varying in sensitivity). The acetone blue absorbs all rays shorter than 3600. In England some comparative ultra violet readings with the quartz tube immersed respectively in distilled water, quinine solution and uric acid solution were 4, 1, 3. Daily records are now being taken at many stations. We find that the sky shine, as pointed out by Dorno, gives much more ultra violet radiation than the direct sun. By using a disc at the end of the pole as a screen from the hot sun, a patient can secure skyshine and the cool conditions advantageous for him.

Every effect should be made to prevent smoke pollution and to secure adequate exposure of the skin to ultra violet rays. While seeking for smokeless fuel, arc lamp baths should be instituted not only in hospitals, but in schools and public baths. Round a long flame arc taking 2—3 kilowatts with „white flame‘ carbon poles (metal cored) and fitted with a wire screen a yard away, children can dance to a gramophone for ten minutes, wearing only a loin cloth. Two or three such baths a week in winter would work great good as a preventive of rickets, tuberculosis, rheumatic fever, catarrhs, skin diseases etc. and as stimulator of mental vigour. Goggles of course must be worn and a trained nurse be at hand.

To build brick hospitals is out of date, all hospitals should be one storied bungalows with wide verandahs. These can be covered with the new vitra glass of Lamplough which lets ultra violet rays through. The beds can be run easily from the ward to the verandah and to the open court outside. Nurses must be suitably dressed so as to enjoy the open air life. Only receiving stations should be in cities with ambulances to convey patients to the bungalow hospitals in the open country. Open air and ultra violet radiation should be used to prepare patients for operation and to hasten their cure after operation. It has been asserted that artificial light treatment cannot approach heliotherapy in curative effect. By the wise use of arc lights and sufficient exposure to open air and good feeding progressive cure of surgical tuberculosis can be brought about in winter in our English cities. To eliminate tuberculosis from cattle, the shutting up in badly ventilated dark byres should be prohibited. Cattle no less than children might be given arc light baths in winter. This would antagonise the loss of lime and phosphorous in heavy millers.

Climate of a Big City and the Dwellings of the Poor

By Dr *King Brown* London

As I am only a beginner in the science of climatology though I can claim a long and intimate acquaintance with the dwellings of the poor, it is with hesitation that I venture to read a paper involving some knowledge of climatology before so many experts in this subject I hope however in this short paper to show the connection between these two subjects and that it is impossible to consider the dwellings of the poor apart from climatology

In my unregenerate days, that is before I had studied any of the works of your world renowned climatologist Professor Dorno or the works of Professor Leonard Hill and others I looked upon climate as largely a matter of temperatures in different countries or latitudes with some rainfall prevalent winds and relative humidity thrown in, now I have discovered that the subject is an extremely wide one and that you can speak of the climate of the Earth and Mars on the one hand and the room you live in on the other hand There seem, however to be three broad divisions of climatology — "General Climate", which includes that of a country or part of a country or large island (such as Great Britain) "Local Climate", meaning that of smaller divisions, such as counties and towns and "Private Climate", which includes that of the dwelling house and its rooms and the yard attached

In discussing, therefore the subject which is the title of this paper, I propose to adopt these divisions for convenience and though most of my remarks will apply more particularly to London they will apply with slight variations to most of the big industrial cities of Great Britain

On the question of "general climate" of large cities there is little to be said except that they usually partake of the climate of the country or part of the country where they are situated Such matters as rainfall or snowfall temperature prevalent winds barometric pressure cyclones and anticyclones are not much influenced by purely local conditions and thus the "general climate" of London may be said to be that of the South East of England and of Glasgow that of the South West of Scotland and so on

For London this means a moderate temperature the mean annual temperature being 49.5° F, the mean annual range 21.7° F, the hottest month being July with a mean monthly value of 61° F and the coldest January with a mean monthly value of 39.4° F. London however, has some of the characters of a continental climate, due, no doubt, to its proximity to the continent of Europe and this is shown in a liability to extremes of temperature. For instance, in Greenwich in 1911 a temperature of 100° F (ca 38° C) in the shade was registered and in 1929 temperatures of over 90° F in the shade were frequent while on July 22nd of the present year 89° F in the shade was registered in Greenwich. In fact, during the present July, temperatures have been ranging between 60° F and 90° F in the shade. The mean rainfall of London is 23.5 inches and the average number of rainy days is 164. These figures are under the average for England and Wales. This is due to the rain carrying winds mainly from the South West discharging their contents in the West of England before arriving in London. The prevalent winds are South West and West, often bringing rain and varying from North West round to South. Anticyclones are generally accompanied by winds from the East which are very dry and cold in the winter and spring.

Coming now to the question of the local climate, there are many factors in cities which influence this.

In the first place cities are nearly always situated on the lower reaches of great rivers. This situation has been deliberately chosen by their founders on account of the water supply, their proximity to the sea or alternately the navigability of the river for considerable distances inland. This applies to London, Paris, Glasgow, Manchester, Liverpool and many others. It means as far as climate is concerned that they are low lying, often situated on and surrounded by alluvial plains. There are therefore large stretches of water near or actually flowing through them, the level of the ground water is therefore high and the soil damp. This and the evaporation from the large stretches of water means a high relative humidity of the air with a special liability to fogs and all that this connotes. In most of the large cities of England however the damp of the subsoil cannot have very much influence on the relative humidity since so large a part of the surface is covered with impermeable materials in the form of asphalt, tar, macadam, wood blocks and granite setts, all of which drain off the surface water most effectually and quickly.

As practically all large cities in England have an elaborate system of underground drainage, the subsoil water is nearly always a long way from the surface.

In the next place, owing to radiation of heat from the houses and street surfaces the average temperature in cities is generally a degree or two higher than that of the surrounding country, but the greatest drawback, as far as temperature is concerned, is that the large collection of houses and buildings prevents the free circulation of air and, therefore, its 'cooling power' as Professor Leonard Hill calls it is very low. This keeps the level of the metabolism of the inhabitants below that of country dwellers and

this, in its turn means a general lowering of the vitality which no doubt contributes its share to city diseases and deaths. This low cooling power is well illustrated from Professor Leonard Hill's "Science of Ventilation" and refers to a small, sheltered garden in Camden Square in London. It is typical of London gardens and in slum districts conditions may be much worse.

Observations taken at 62 Camden Square London N W 1 Dr H R Hill

Month	Temperature		Wind			Ø	H	100 t
	daily mean °F	°C	9° this mean	Humidity miles per hour	daily mean metres per sec			
Jan	39.7	4.3	89	0.61	0.27	32.2	9.7	90.7
Feb	39.8	4.3	86	0.60	0.27	32.2	9.7	90.7
Mar	47.5	5.8	85	0.56	0.25	30.7	8.9	94.2
April	48.0	8.4	77	0.61	0.27	27.6	8.3	91.1
May	56.7	13.7	73	0.35	0.16	22.8	6.6	86.3
June	60.1	15.6	74	0.33	0.15	20.9	6.1	84.4
July	64.1	17.8	76	0.32	0.14	18.7	5.4	82.4
Aug	63.6	17.6	80	0.29	0.13	18.9	5.5	82.2
Sept	55.6	13.1	84	0.22	0.10	23.4	6.8	86.9
Oct	51.5	10.8	88	0.35	0.16	25.7	7.5	89.2
Nov	43.8	6.6	88	0.6	0.21	29.9	8.7	93.4
Dec	41.7	5.4	89	0.57	0.26	31.1	9.3	94.6

H = heat lost in millicalories per Square centimetre per second —
kata thermometer = Cooling power see Chart

Ø = excess of temperature of kata thermometer above that of air

The last important factor in determining the 'local climate' of a big city is the *atmospheric pollution*. Comparing this with its low cooling power, it is difficult to say which factor is the more important but personally I am inclined to place atmospheric pollution as the chief detrimental factor.

There are numerous sources of atmospheric pollution in a city but by far the most important is smoke. Next comes street dust of all kinds then emanations from decaying animal and vegetable matters about houses and connected with manufacturies such as offensive trades and tanneries, and various fumes from chemical works and motor cars. As I look upon all these as subsidiary compared with smoke I do not propose to deal with them in any detail.

Smoke is the result of imperfect combustion and, for practical purposes, raw coal need only be considered as this is the only fuel generally burnt in England or indeed in industrial cities of any country. Smoke consists of solid matter known as soot and gaseous products sulphurous and sulphuric acids and a small amount of hydrochloric acid and tar. These finally find their way into the soil in the forms of sulphates and chlorides.

The constituents of soot vary much in quantity rather than in quality. They are carbon, tar, ash, mineral matter, compounds of sulphur with minute quantities of arsenic and nitrogenous compounds.

Soot is generally acid, due to the presence of sulphurous and sulphuric acids. Those who desire full particulars will find them in an excellent little book by Cohen and Ruston entitled 'Smoke' — 'a Study in Town Air', published by Edward Arnold & Co (1925), from which I have largely drawn

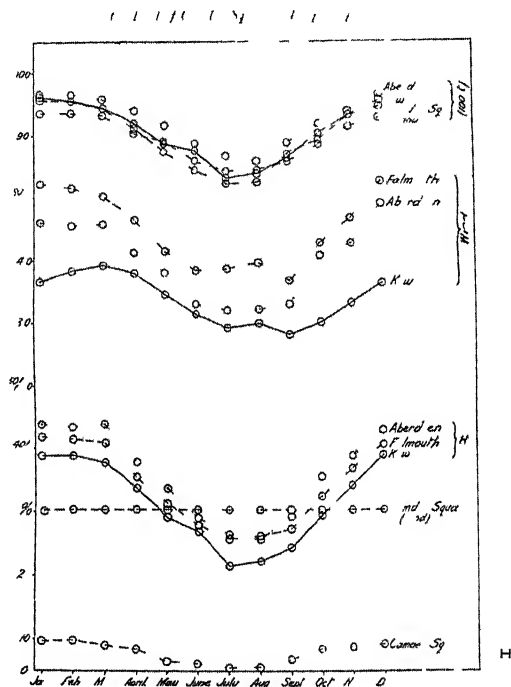


Fig I

H = Cooling Power

From Hills Science Wensilatin Contrast
of Cander Square and exposed places

The most deleterious constituents of soot are the tar and the sulphur acids. Pure carbon, as such appears to be comparatively harmless but it rarely occurs alone in ordinary soot, and is mostly intimately impregnated with tar and sulphur compounds. The tar plays an active part, enabling the carbon and sulphurous and sulphuric acids to cling to buildings and the leaves of plants, etc., with the result that the calcium and other constituents of the stone become converted into sulphates and soon crumble away while the plants wither and die. The acids are also very irritating to the mucous membranes of the eyes, throat and respiratory organs, and they therefore help to raise the death rate from respiratory diseases.

in towns, especially during and immediately after fogs. For instance, Ascher District Medical Officer for Hamm, Westphalia (quoted by Cohen and Ruston) gives figures for industrial occupations and residential quarters of large cities which shew that, in occupations and cities where soot and smoke are paramount, there is an enormous increase of the death rate in lung diseases as compared with the mortality of these diseases in country districts and towns not inflicted with smoke and soot.

The tar and sulphur compounds in soot are particularly injurious to plant life and, if in sufficient quantity will kill certain plants and prevent others from growing, flowering or reproducing themselves. The tar acts mechanically as well, in blocking up the stomata of the leaves. The acids are finally carried down by rain into the soil and interfere with the nitrifying organisms and so with the roots of plants, retarding or preventing their growth.

The main sources of smoke are (1) Factory Chimneys and (2) Domestic Fires. Factory fires having tall chimneys and forced draught, shew more complete combustion of their coal. The soot from these is therefore, richer in ash and poorer in unconsumed carbon, tar and sulphur acids, and owing therefore, to the reduced amounts of the last two products the smoke from factory chimneys is less deleterious. Domestic smoke, on the other hand, coming from fires where the coal is burned at a lower temperature, shews a higher percentage of unconsumed carbon, tar and sulphur acids, and it is the increased amount of the tar and sulphur which makes this smoke specially injurious to both buildings and health.

This distinction between domestic and factory smoke is, therefore, important. In London it is calculated that two thirds or more of the smoke is domestic, whereas in industrial cities of the Midlands and North of England factory smoke is predominant.

A few figures will give some idea of the magnitude of the problem in London. The Administrative County of London that is that part under the direct jurisdiction of the London County Council contains in round figures 4 500 000 inhabitants housed in 700 000 separate dwellings. The area is 74 850 acres and the density is 60 persons per acre. The size of the County may best be judged by saying that it roughly oval in shape the long axis running East and West and the short axis North and South. The length of the former is about 16 miles and the latter about 12 miles. If we allow 4 chimneys to each dwelling, that gives a total of 2 800 000 domestic chimneys. This however does not end the matter for surrounding the County of London and continuous with it is another circle of houses with a population of nearly 3 000 000 occupying about 400 000 separate dwellings. The total population of Greater London is therefore 7 500 000 occupying 1 100 000 houses with a grand total of at least 4 400 000 domestic chimneys half of which at any one time especially in the winter months are giving out smoke simultaneously.

It is difficult to say how much smoke is given out but various estimations of the amount of soot falling annually per square mile for certain cities have been made. Thus, in Glasgow this is stated to be 820 tons. Leeds 220 tons and London 259 tons per square

mile per annum Dr Rideal estimated, at a conference on smoke abatement in 1905, that if all the sulphur of the 16 million tons of coal consumed annually in London (presumably the County of London) passed into the air as sulphuric acid it would give a hail to one million tons of this acid annually

All this means that in the finest weather there is a pall of smoke hanging over London — smoke of the worst type — and that if the weather is calm the visibility is much interfered with. We did not realise fully what this meant until the Coal Strike of 1920 which lasted some three months. The domestic fires during this period were unlit and the atmosphere became so clear that Londoners obtained views over the City which they hardly knew existed

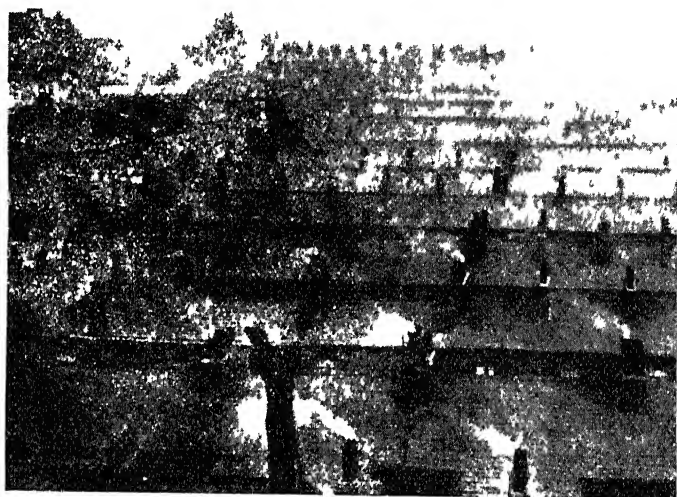


Fig 2

Smoke from domestic chimneys in a slum area

Besides the direct action of smoke in the destruction of buildings, injury to health and interference with plant life, it has an indirect action on the last two by cutting off our total sunshine and more especially the visible and invisible rays at and beyond the violet end of the spectrum. The evil of this does not require further explanation in an assembly such as this, so I shall content myself by shewing you a diagram constructed from the daily weather reports of the "Times" which record the ultraviolet rays in three places — Peppard Common about 35 miles from London, Hampstead a suburb of London, and Kingsway near the centre of the

city From these figures it is evident that Londoners lose the full benefits of the ultraviolet rays, even in a particularly fine and sunny month such as July of the present year

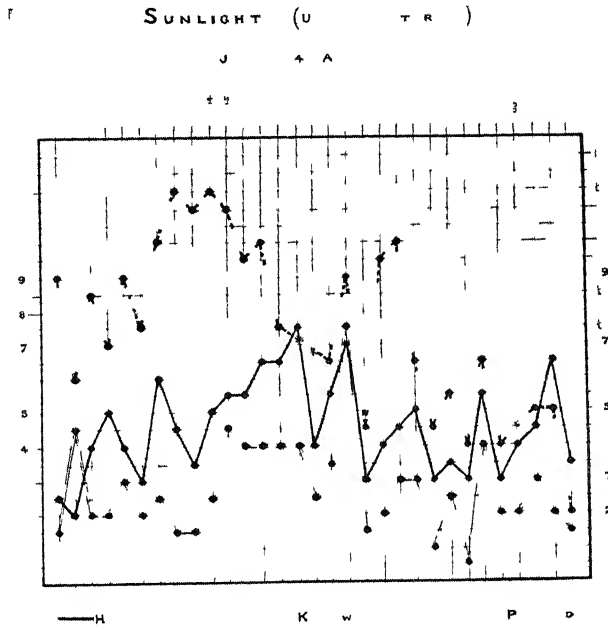


Fig 3

To sum up then the 'local climate' of a big city is slightly warmer than that of the district in which it is situated. It is sheltered so that the cooling power of the air is less than that of the surrounding country. Its air is laden with smoke, dust and other impurities, which are *directly* detrimental to the health of human beings and plants and destructive to buildings, and *indirectly* injurious to the health of animal and plant life by depriving them of sunlight and especially of the ultraviolet rays.

This now leads me to a consideration of my last division, viz the 'private climate', or climate as it affects specially the dwellings of the poor. This part of the subject is so large and complicated that time will only permit me to touch on the salient points.

In the first place, it makes a great difference whether one speaks of modern or old dwellings. In a city like London, if you refer to the outskirts where new workmen's dwellings are being erected

in large numbers, you must take off a certain percentage of the disabilities described under 'local climate', but, if you refer to the ordinary dwellings for workmen and the lower middle classes erected in the County of London 40 or 50 years ago or over you may *add* a percentage to the disabilities which will increase as you proceed from the periphery of the city to its centre. A short description of the Borough of Bermondsey of which I am Medical Officer of Health, will give a good idea of the climatic disabilities under which the population lives in the heart of a large city.

According to the Census of 1921, this Borough has 119,452 inhabitants housed in 18,266 separate dwellings. It is situated on the south side of and bordering on the River Thames and is one of the central Boroughs and oldest parts of London.

In the first place, all the disadvantages summed up under 'local climate' are here exaggerated. If fog occurs in London which is common in winter, it is much worse in the centre of London and near the river than elsewhere. The sunshine and ultraviolet rays are at their minimum, for no matter from what quarter the wind blows it must pass over some 10 or 15 miles of houses before it reaches the centre of London. This large number of houses also reduces the force of the wind and its cooling, ventilating and cleaning powers. I have no figures on the relative humidity but I imagine that an investigation into it would shew that, owing to the proximity of the Borough to the river Thames and the docks it is higher than in the outskirts of London. But even in a Borough of this kind the 'private climate' of the different parts shews great variations. The presence of a large park and of large stretches of open water in the Surrey Commercial Docks and the river Thames affords good general ventilation to houses bordering on these spaces. All the houses, however do not share these advantages for there are many collections of houses known as 'slums' in this Borough, as in many of the older parts of London and other large cities, where ventilation is extremely bad, and a short description of one of these, will apply to all.

I have recently condemned an insanitary area of 3.9 acres which has 151 dwelling houses with a population of 1,035, consisting of 234 families. The average general death rate for 10 years was 24.6 for 1,000 living against 17.5 for the rest of the Borough for the same period. The death rate for respiratory diseases during this period was 6.57 per 1,000 living as compared with 3.9 for the small whole Borough, itself a high figure compared with London. The infantile mortality (i.e. deaths of infants *under* one year) was 182 per 1,000 births as compared with 129 for the rest of the Borough and 103 for London. (Note the infantile mortality for the last 2 or 3 years in Bermondsey and London is much lower than these figures which deal with a 10 year period). I look upon the infantile mortality as the best human index of the 'private

climate of a house since for the first year of life, the child in the slums has little experience of any other. The 151 houses are of the ordinary terrace or cottage type containing from 2 to 8 or 10 rooms, the majority having 4 to 6 rooms. The width of the streets varies from 8 to 15 or 20 feet. Many of them are cul de sacs and some of the houses are back to back. The spaces at the



Fig 4

Plan of a slum area. Stowing small amount of space surrounding the houses. This prevents adequate ventilation of area and houses.

rear of the houses or yards are small and do not provide much space for sunlight. The back to back houses have no yards. The ages of the houses vary from 60 to 200 years. The rooms are small, their capacity varying from 500 to 1,000 cubic feet, the majority of the rooms being only 400 to 800 cubic feet. The height of the ceilings varies from 6 feet to 7 feet 6 inches, a very common height being 7 feet. Most of the rooms open direct into

the open air but a few do not. The staircases are generally central and are mostly unlit and unventilated. Owing to the small cubic capacity of the bedrooms, they are generally overcrowded. The standard we adopt for bedrooms is the comparatively low one of 300 cubic feet for each adult, one person over 10 years old, and 150 cubic feet for children, so that the large majority of the bedrooms should only have a man and wife and one child, but we generally found half as many again and not infrequently double this number.

The result of all this is that the climate of the area generally or "local climate" is very bad, as is also that of the individual houses.

The next point to be considered is the pollution of the atmosphere. As I have already shewn, the air is pretty bad before it arrives at *Bermondsey* but it is further polluted in the home, owing to the overcrowding it is impossible to keep the houses clean. The air of the bedrooms (and I inspected every room in the 151 houses more than once) was stuffy and smelled from dirty bedclothes and dirty wearing apparel, shut windows and general uncleanness. The air of the yards was further contaminated by accumulations of household and other refuse. Defective drains and water closets also added their quota. Damp walls frequently increased the relative humidity of the air of the ground floors.

The last point is the deficiency of light. This, as I have already shewn, is bad in London generally, but in areas like this it is ten times worse. Owing to the height of the buildings compared with the width of the street in front and the yards behind, many houses receive hardly any sunshine from one year's end to the other, and many of the lower stories of the houses — especially in winter — must be illuminated all day by artificial light. The minimum area of windows in houses in London is $\frac{1}{10}$ of the floor area of the room but even this is useless unless the width of the street in front and the yard behind is sufficient to allow of sunshine or even good skyshine reaching the rooms. In condemning insanitary areas, the inaccessibility of light is one of the principal criteria.

That more rickets is not seen in London is due to the fact that slum children spend most of the day playing in the streets — one of the great advantages of cottage houses against block dwellings.

The following table, taken from Sir Shirley Murphy's Annual Report on the Health of London for 1898 shews the width that streets must have to give houses a certain number of hours of sunshine daily in the latitude of London.

Tables shewing the width of street required to allow of one to six hours sunlight on houses 40 feet high situate in meridional streets and in streets inclined to the meridian at certain angles in the Latitude of London at the summer and winter solstices and the vernal or autumnal equinox.

Winter solstice 21st Dezember

No of hours Sunlight	Merid ional Streets	Angle of inclination of street to the meridian				
		20°	40°	60°	80°	90°
1 hour	19 8	70 1	111 9	140 2	151 6	150 5
2 hours	41 8	92 7	132 4	156 1	161 0	156 1
3	69 1	122 1	160 3	179 1	176 4	166 9
4	107 4	164 5	201 8	214 8	201 8	186 0
5	170 0	235 6	272 7	276 9	247 7	221 6
6	304 9	390 8	429 5	416 5	303 2	304 9
Autumnal or vernal equinox						
1 hour	6 6	23 5	37 6	47 1	50 9	50 5
2 hours	13 8	30 5	43 5	51 3	52 9	51 3
3	21 8	38 4	50 4	56 4	55 5	52 5
4	31 2	47 9	58 7	62 5	58 7	54 1
5	42 9	59 4	68 7	69 8	62 5	55 9
6	57 7	73 9	81 3	78 8	66 8	57 7
Summer solstice 21st June						
1 hour	2 8	10 1	16 1	20 2	21 8	21 6
2 hours	6 1	13 4	19 2	22 6	23 4	22 6
3	9 9	17 5	23 0	25 7	25 3	24 0
4	14 7	22 5	27 6	29 4	27 6	25 4
5	20 5	28 4	32 9	33 4	29 9	26 7
6	27 6	35 4	38 9	37 7	32 0	27 6

Extract from L C C Annual Report of 1898

I will now close the paper with a brief statement of some remedies for this state of matters

- 1 All streets should have a minimum width and there should be a definitive relationship between this and the height of the houses on each side The yards at the rear should be regulated on the same principle the object being to provide some sunshine for every house
- 2 Smoke should be abolished, by cheapening electricity, gas and smokeless fuel In England the last of these is the most hopeful way
- 3 Good window space and suitable aspect for houses were possible
- 4 Proper storage and prompt removal of household refuse
- 5 Removal of dust destructors, refuse dumps, offensive trades and chemical works away from human dwellings
- 6 Sufficiency of cubic space in bedrooms and through ventilation in all houses
- 7 Provision of private bath
- 8 Education of the masses in personal and general hygiene

Les problemes de la medecine preventive et leur evolution internationale

Par Prof *Filippo Levi* Rome

Ne vous attendez pas a une conference, je m'adresserai plus a votre coeur qu'a votre esprit, plus a vos emotions qu'a vos connaissances. J'ai l'honneur de parler a des confreres venus de tous les coins d'Europe, mais c'est surtout a des freres dans le vaste domaine humanitaire que je vais adresser un appel partant du coeur et mûri dans la souffrance.

Vous tous qui appartenez a des nationalites differentes vous avez souffert de la grande guerre, quelques uns d'entre vous en portent les blessures, tous vous en avez vecu les heures tragiques dans vos familles, dans les communautés dont vous faites partie, en tant que medecins vous avez essaye d'en soigner les plaies, d'en tarir les larmes. Vous participez encore aux conséquences de cette tragedie qui se poursuit dans la lutte entre les différentes classes sociales et les nations qui forment la soi-disant famille européenne.

Mais tant de souffrances n'auront pas été inutiles si une nouvelle conscience anime les générations, medicales nouvelles la conscience d'une mission plus sociale qu'individuelle, qui doit être au dessus de la mêlée, qui doit negliger les distinctions geographiques ainsi que celles de race et de religion.

En provoquant et en dévoilant l'immensité de la souffrance sociale, la guerre a produit dans l'opinion publique comme dans les gouvernements la sensation nette d'une ère nouvelle qui se prépare. La médecine preventive n'est qu'un aspect de cette nouvelle politique sociale qui bientôt devra dominer les relations entre les classes d'un même peuple et entre les différentes nations du monde.

Mon but est de vous montrer de quelle façon la grande oeuvre est déjà amorcée, votre mission sera de contribuer a la réalisation de ce beau rêve dans vos champs d'action respectifs.

Il me semble juste et beau que cet appel a une croisade internationale pour la defense de la vie humaine parte de cette ville de Davos, qui vit pour combattre la mort et la souffrance, cite dont le Suisse doit être fier, car c'est d'ici qu'on a donné au monde l'exemple

de la maniere dont on peut raffranchir les pauvres et les riches, les enfants et les hommes faits mûrs, de l'horrible gangrene sociale nommée tuberculose et cela par la paix et le soleil ainsi que la paix laborieuse qui devraient être des biens accessibles à tous

Il me semble juste et beau qu'un tel appel résonne sur la terre helvétique qui, à l'Europe ensanglantée, a donné l'exemple si noble et si suggestif de la possibilité d'une coexistence paisible entre trois nationalités différentes au milieu de la conflagration universelle, de cette nation qui a vécu la douleur et soigné les plaies d'un monde meurtri

J'espère que vous ne voudrez pas considérer cet appel comme manquant d'harmonie avec les thèmes qu'on traite dans cette réunion, car vous êtes en grande partie médecins et comme tels vous ne sauriez être insensibles au problème dont je traite, tandis que ceux d'entre vous qui s'adonnent à la science pure ne sauraient être indifférents à l'atmosphère sociale dans laquelle nous vivons

Dans la seconde moitié du 19^{me} siècle et dans les commencements du 20^{me} nous avons assisté à l'organisation des énergies antagonistes du capital et du travail. Les deux groupes opposés ont senti le besoin de coordonner leurs forces pour exercer une plus puissante influence sur l'opinion publique et sur les gouvernements respectifs

Malheureusement on doit constater qu'il n'en a pas été de même pour tout ce qui regarde la défense et l'utilisation des énergies humaines, base nécessaire de tout progrès social. Ces problèmes sont encore presque partout considérés et traités comme des questions philanthropiques et scientifiques point de vue qui s'est démontré complètement insuffisant

La solution du problème ne sera trouvée, à mon avis, qu'en appliquant à la défense des énergies humaines du plus précieux capital social les méthodes qui ont assuré le succès aux entreprises du capital et du travail. La philanthropie et la science doivent inspirer cette œuvre mais le problème doit être envisagé essentiellement du point de vue économique et politique et développé sur la base d'une solide organisation internationale

En effet

1^o Tout bien matériel est le produit exclusif du travail individuel

2^o La production de ces biens est nécessairement proportionnée à la possibilité, à l'énergie et à la volonté de travail chez l'ouvrier,

3^o La possibilité, l'énergie et la volonté de travail diminuent et viennent faiblement à manquer chez ceux qui par insuffisance de forces physiques ou de directives éducatives manquent du nécessaire équilibre physique et moral

Ces postulats fondamentaux d'une évidence absolue sont cependant négligés partout. Les budgets de l'éducation et de l'hygiène sont dans tous les pays du monde les plus pauvres en comparaison de ceux qui sont destinés aux amusements c'est à dire à la destruction

Dans les fabriques et dans les champs, on donne tous les soins imaginables pour sauvegarder les instruments du travail, animaux et machines cependant qu'on ne fait rien ou très peu pour défendre et valoriser l'homme, source unique de production. Les gouvernements, les départements et les communes payent passivement le prix de leur imprévoyance en dépenses toujours plus graves pour les hôpitaux, les maisons d'aliénés, etc., qui recueillent les victimes de cette politique d'imprévoyance. La société pense économiser par la répression tandis qu'elle épargnerait seulement par la prévention.

C'est à l'Allemagne de l'époque de Bismarck que nous devons le premier grand effort législatif pour la défense des masses laborieuses. Les lois sur l'invalidité, la vieillesse, sur la protection de la maternité et de l'enfance, sur l'assurance contre les maladies et les accidents de travail ont réalisé le premier exemple d'effort social et ont été imitées dans tous les pays du monde.

Mais c'est seulement pendant et après la guerre que les gouvernements ont réalisé la nécessité d'organismes nouveaux aptes à diriger et coordonner toutes les mesures qui s'imposent pour le bien-être des masses. C'est depuis la guerre en effet que nous avons assisté à la formation des ministères de l'hygiène, d'assistance et de prévoyance sociale, qui fonctionnent déjà soit dans les nations de plus ancienne civilisation, soit dans les nouveaux états sortis de la guerre.

L'Angleterre possède un Ministère de la Santé avec un champ d'action extrêmement vaste comprenant non seulement les problèmes de l'hygiène générale qui faisaient déjà partie de l'organisation gouvernementale d'avant guerre mais en plus la lutte systématique contre toutes les maladies sociales tout le domaine des assurances et le problème fondamental de la protection de la jeunesse dans les écoles de tout degré.

Nous voyons d'autre part la Russie soviétique donner au Ministère de l'Hygiène, dirigé par le docteur *Semachko* une importance prépondérante et développer un plan d'action tout à fait original et fondé sur les lois de la médecine préventive. Ce ministère s'occupe de tous les problèmes du travail, de l'éducation des nouvelles générations au point de vue hygienique et de la réorganisation des études médicales à un point de vue social et préventif.

La même tendance s'observe dans les états de nouvelle formation tels que la Pologne, la Tchécoslovaquie, le royaume des Serbes, Croates et Slovènes. Dans ce dernier nous voyons sous la direction du docteur *Stampar* se développer une organisation gouvernementale de médecine sociale extrêmement originale et moderne.

Tous les pays du monde ont plus ou moins suivi ces directives et quoique quelques nations des plus importantes comme l'Allemagne et l'Italie ne possèdent pas encore de ministères exclusivement destinés à l'étude et à la réalisation de ce problème il est facile de prédire que bien tôt dans tous les états ces institutions politiques et administratives devront exister et imposeront de telle façon à l'opinion publique la signification politique et économique des questions relatives à la défense et au rendement des énergies humaines.

Une autre preuve que cette conception imposée par les conséquences de la guerre a été comprise nous est donnée par la création d'organismes supranationaux dont le développement futur nous offre les plus belles espérances. Ces organisations vous sont connues, c'est

aupres de la Société des Nations, l'Office international du Travail et la Section d'Hygiène, et, à Paris, l'Office international de l'Hygiène Publique qui représentent la collaboration officielle de tous les états du monde. D'autre part nous avons une série d'organisations plus ou moins indépendantes des gouvernements respectifs, telles que la Ligue des Croix Rouges, les Unions internationales et les fédérations contre la tuberculose, les perils vénériens, contre le cancer, l'Association internationale de la Protection de l'Enfance, celle pour la lutte contre les maladies mentales, pour le bien-être des ouvriers et bien d'autres.

Les fédérations libres contre la tuberculose, l'alcoolisme, etc., ont une grande valeur morale, mais il faut le reconnaître, bien peu de pouvoir effectif, elles manquent avant tout d'argent et sont généralement dirigées par des hommes de haute valeur, mais dépourvus de sens pratique et d'esprit d'organisation. Elles ne savent pas adapter leurs méthodes à celles qui ont fait triompher les organisations industrielles et commerciales.

Dans toutes les nations du monde on observe le même phénomène d'incoordination par lequel la lutte contre ces différents fléaux sociaux est conduite indépendamment, comme s'il ne s'agissait pas de maux qui, ayant la même origine, doivent tous être combattus par les mêmes moyens. En effet, toutes les maladies sociales dépendent de causes fondamentales communes. Les taudis, les écoles où ne pénètre pas la lumière du soleil ni l'esprit d'une éducation nouvelle, la fabrique où le travail se fait dans des conditions inhumaines, constituent un terrain idéal sur lequel toutes les maladies sociales se développent comme des mauvaises herbes.

J'ai eu l'honneur de présenter l'année passée à la Ligue des Croix Rouges un projet pour la constitution d'un comité central international pour la coordination de ces fédérations. Ce projet a été accepté à l'unanimité par le comité central de la Ligue. Il faut espérer que ces principes de coordination fonctionnelle seront réalisés partout. Déjà nous avons des exemples intéressants en Amérique et en Belgique. En Amérique le National Council of Public Health dirige l'action de toutes les fédérations nationales et au même but tend en Belgique la Croix Rouge nationale.

D'autre part nous devons signaler l'existence et l'admirable activité des fondations à caractère individuel exerçant une action mondiale telles que les fondations Rockefeller et Carnegie. Ce que la Fondation Rockefeller est en train de faire dans le monde entier pour le progrès de la médecine sociale pour la lutte contre les maladies évitables pour la préparation du personnel destiné à réaliser ce programme est supérieur à tout éloge et présente un admirable exemple d'action stimulatrice internationale pour la conquête d'un plus haut niveau de bien-être social.

La preuve que ces problèmes ont pris une importance jusqu'ici inconnue est donnée par le fait que l'Amérique a modifié sa constitution pour imposer la lutte contre l'alcoolisme. Il est de bon ton en Europe de se moquer du prohibitionisme américain. Il nous semble au contraire que cet exemple donné par les États-Unis est de la plus grande valeur morale et nous voyons les nations les plus civilisées de l'Europe septentrionale éditer une législation antialcoolique de plus en plus sévère. La législation antialcoolique nous donne des preuves

de la tendance moderne des gouvernements de défendre par une législation eugenique leurs capitaux humains respectifs

L'étude comparative de la législation medico sociale dans le monde entier offrirait un énorme intérêt scientifique et pratique partout le principe de liberté individuelle doit céder le pas au bien être de la communauté. La dénonciation obligatoire des maladies sociales tuberculose et maladies vénériennes est en train de se faire partout. La réglementation de la prostitution admise encore dans les états de l'Europe centrale est abolie chez différentes nations d'Europe et d'Amérique et l'on admet partout la nécessité morale de considérer au même niveau de responsabilité l'homme et la femme en tant que disseminateurs des contagions vénériennes.

L'avenir de la sélection humaine représente un des plus grands problèmes du futur et toute une législation nouvelle est en train de se former et de se consolider en Europe et surtout dans les nations d'outremer, pour réglementer les mariages discipliner la procréation en reprimant autant que possible la production des individus dégénérés, fous, débiles, etc, qui constituent pour la société humaine un fardeau moral et économique intolérable.

La population mondiale qui était de 600 millions au commencement du 19ème siècle a été évaluée il y a trois ans à plus de 1820 millions c'est à dire que dans le bref délai d'un siècle la population mondiale a augmenté plus que dans toute l'ère historique précédente. A ce phénomène sont liés nécessairement les plus grands problèmes internationaux tels que l'émigration, les guerres de désordre, la pauvreté. La pression de la population mondiale portera fatalement à cette sélection qui selon *Richet* est non seulement désirable et nécessaire mais constituera l'unique préoccupation et le plus grand effort des générations futures.

Ces conquêtes qui ont été, il nous semble, la plus grande et la meilleure conséquence de la guerre ne doivent pas nous empêcher de voir que nous sommes encore loin de cette organisation vraiment pratique et efficace, à laquelle nous devons tendre. En effet les organisations internationales citées ont comme tout organisme officiel les défauts d'une limitation d'initiative et d'une lenteur d'action qui devront être corrigés. Il faut mener la lutte contre les maladies sociales, étudier les problèmes fondamentaux de l'éducation de l'habitation, de l'alimentation et du travail de la même façon qu'on traite les affaires industrielles et commerciales. C'est à dire qu'il faut obéir aux postulats suivants:

- 1° Unité de direction
- 2° Unité de programme,
- 3° Unification des méthodes du travail de propagande,
- 4° Coordination des organisations dépendantes,
- 5° Préparation du personnel technique supérieur et inférieur destiné à réaliser le programme d'action.

C'est en Amérique surtout qu'on a déjà compris la nécessité de ces nouvelles directives tandis qu'en Europe les anciennes méthodes empiriques dominent toujours. Le volontariat est presque partout la règle c'est à dire que presque toujours la direction et l'exécution est aux mains de gens qui ne sont ni préparés ni payés pour leur tâche et ne peuvent lui consacrer qu'une infime partie de leur activité. Or cette tendance qui soi-disant s'inspire d'un principe d'économie est au contraire tout ce qu'il y a de plus anti économique.

Tous ceux qui detiennent le pouvoir de l'argent les grands capitalistes comme les grandes organisations industrielles ne donnent pas volontiers leur argent à des institutions qui travaillent de cette façon. Il faudra les persuader que nos méthodes d'action sont aussi pratiques que les leurs et que c'est dans leur intérêt économique d'aider à la création d'organismes puissants et techniquement préparés à la lutte pour le but commun. Encore une fois l'exemple nous vient d'Amérique dans la grande industrie américaine il y a à présent partout un département du personnel considéré tout aussi essentiel que les autres qui s'occupent de matières premières de machines d'achats et de ventes. Ce département est dirigé par un personnel d'une préparation supérieure (économistes sociologues physiologues psychologues etc) dont la fonction est d'étudier scientifiquement les candidats à l'industrie en adaptant l'homme à la machine en utilisant d'une manière moderne les aptitudes physiques et psychiques.

Cette étude physiologique des aptitudes et la patiente application de la théorie à la pratique de tous les métiers représente une des plus grandes conquêtes de notre époque et portera une fois universellement appliquée à une immense épargne des énergies humaines actuellement entamées ou détruites par une adaptation fautive ou insuffisante.

Les mêmes méthodes s'appliquent à un autre champ tout aussi vaste et important, celui de l'école. On commence à peine à organiser scientifiquement l'inspection médicale de l'école. Cette inspection n'est réalisée d'une façon complète que dans quelques États et déjà on voit se dessiner l'importance non moins grande de l'application des « tests » psychologiques pour la recherche des aptitudes et des vocations des le jeune âge.

Les bases scientifiques de cette méthode physiologique de l'examen de l'être humain ont été premièrement étudiées en France et en Allemagne. *Binet Simon Munstermann*. Mais c'est seulement depuis leur large application dans le nouveau monde qu'elles commencent à être systématiquement utilisées aussi dans quelques pays d'Europe en Allemagne en Angleterre en Belgique et en France. Ce qu'on appelle « *Beurteilung* » est reconnu tous les jours plus important et plus pratique.

Dans ce domaine aussi la collaboration internationale se fait de plus en plus intime et nécessaire. L'expérience de chaque individu ou institution étant immédiatement répétée et contrôlée dans le monde entier.

Voilà pourquoi j'ai dit au commencement que la médecine préventive embrasse aujourd'hui toute la politique sociale, car elle doit non seulement s'occuper de problèmes d'hygiène, mais envahira nécessairement les domaines essentiels au progrès humain de l'école et du travail, c'est à dire de la préparation et de l'utilisation du travail humain. Voilà pourquoi il faudra que les médecins de demain puissent acquiescer dans les universités (qui actuellement ne sont pas organisées pour cela) des connaissances sociales très vastes, ou qu'on organise pour eux et pour les éducateurs, hommes de loi, ingénieurs, médecins, etc. qui devront participer à cette grande œuvre sociale, des écoles spéciales (*Social Work*) ayant l'organisation indispensable pour la préparation de ce personnel si nécessaire à la croisade future. Nous pouvons constater tous les jours l'insuffisance de notre armement pour l'étude de ces problèmes.

Prenons le cas de la tuberculose qui est cependant le problème où l'on a le plus travaillé. Nous manquons d'organismes soit internationaux soit nationaux capables d'exécuter les vastes enquêtes qui se

raient nécessaires sur les problèmes scientifiques et pratiques liés à la lutte contre la tuberculose. Nous manquons de statistiques de morbidité, les recherches sur les conséquences économiques de la maladie de l'invalidité et de la mort sont tout ce qu'il y a de plus insuffisant. C'est à-dire que nous ne sommes pas en condition de dénoncer à l'opinion publique et à nos gouvernements l'immensité du mal que nous tendons à réparer.

Les questions qui seront discutées ici sur l'influence des facteurs climatologiques sur l'organisme normal et débile et qui semblent être au premier abord d'un intérêt purement théorique, sont au contraire de la plus haute importance pratique, soit pour l'utilisation des différentes possibilités climatologiques pour fortifier les individus malades, soit aussi en rapport aux conditions de travail qui dans l'industrie moderne peuvent se développer sous différentes pressions de l'oxygène atmosphérique.

N'oublions pas en effet que des masses d'ouvriers mineurs travaillent dans toute l'Europe à des profondeurs variables jusqu'à 1000 mètres sous le niveau de la mer, cependant que dans les Alpes, en Amérique du Sud, au Tibet on travaille à des hauteurs variant de 3000 et 5000 mètres.

D'autres problèmes non moins importants se posent dans le champ de la climatologie par rapport au traitement de la tuberculose. Le prix de constructions sanatoriales surtout en haute montagne est aujourd'hui tel qu'on ne saurait espérer nulle part d'hospitaliser tous les tuberculeux récupérables dans des sanatoriums de hauteur.

On doit en conséquence chercher à ne pas éloigner les malades pauvres de leur lieu d'origine et les soumettre au traitement systématique dans le milieu même où leur vie devra se développer.

On ne peut poser dans ce champ des règles générales. Les indications et contre-indications individuelles et sociales devront être étudiées par le clinicien associé au climatologiste dans la discrimination de ces deux facteurs pour la solution des problèmes et des possibilités géographiques et économiques de chaque nation et de chaque groupe social.

Des statistiques qui ont été présentées, il y a un an, au congrès international de la tuberculose à Lausanne ont montré que des progrès énormes ont été obtenus en Angleterre, aux États-Unis, au Danemark, c'est-à-dire dans des régions dont le climat n'est nullement favorable, mais dont les conditions d'éducation et d'économie sont parvenues à un très haut niveau. Il serait d'un grand intérêt pour le développement futur de la lutte contre la tuberculose de pouvoir distinguer l'influence respective des facteurs climatiques et économiques d'un côté, et de l'autre des organisations anti-tuberculeuses, car selon moi je l'ai affirmé nettement à Lausanne, on attribue trop souvent les beaux résultats obtenus dans certains pays à l'influence modificatrice des organisations anti-tuberculeuses tandis que ces heureux résultats dépendent surtout de l'amélioration économique générale, meilleures conditions d'alimentation, d'éducation et de travail.

Tout ce que je viens de dire par rapport à la tuberculose pourrait se répéter pour toutes les autres maladies sociales dont les causes et les effets sont tout aussi insuffisamment étudiés.

Pour suffire à la tâche que l'avenir nous réserve il faudrait que chaque pays possède, en dehors des organismes officiels, une institution libre organisée et matériellement soutenue par les grandes fédérations représentatives du capital et du travail, qui sont les plus intéressées à la défense du capital humain, ayant pour but de fonctionner comme observatoires centraux observant tous les phénomènes relatifs aux maladies sociales, conduisant des enquêtes et recherches systématiques sur les dommages moraux et économiques qu'elles provoquent et sur les initiatives de législation et d'administration qui pourraient les corriger. Ces organismes centraux devraient en outre faire œuvre de propagande éducative envers les masses, et stimuler en outre envers les classes dirigeantes. Ils devraient provoquer la coordination fonctionnelle des fédérations et associations libres existants dans chaque état, chaque organisme national devrait être en correspondance avec les organisations similaires des autres états, travaillant selon des méthodes communes pour rendre comparables les résultats des observations, des enquêtes et des initiatives respectives.

C'est sur cette base que j'ai fondé à Rome il y a cinq ans l'Institut d'Hygiène, de Prévoyance et d'Assistance sociale, qui tout en étant à ses débuts et ne possédant pas encore la puissance économique qui lui serait nécessaire, correspond cependant aux fonctions que je viens de définir et a été reconnu d'utilité publique et mis sous le haut patronage de S. M. le Roi d'Italie. Son comité directif comprend toutes les organisations représentatives du capital et du travail sans distinction de parti politique. L'institut fonctionne déjà comme un secrétariat central permanent qui est en relations avec toutes les organisations similaires du monde entier. Tout en étant un très modeste exemple des principes que je viens de vous exposer, il représente cependant quelque chose de neuf pour notre pays et il a été apprécié à l'étranger par des manifestations de sympathie qui nous encouragent à avancer dans cette voie essentiellement pratique.

La limitation du temps qui m'est imposée ne m'a permis que de vous donner une esquisse très superficielle soit de l'importance que depuis la guerre ont prise les problèmes de la défense de la vie humaine, soit de l'organisation officielle et libre qui est en voie de formation dans les différents pays et qui constitue un réseau de liens internationaux dont la valeur morale et pratique sera d'autant plus grande que nombreuses seront les personnalités comme vous promotrices de ces idées dans leurs patries.

La facilité des communications rend aujourd'hui chaque conquête immédiatement connue et adoptable dans le monde entier, il y a des exemples qu'on est forcé d'imiter. La collaboration internationale dans le domaine de l'éducation, de l'hygiène et de l'assistance sociale est devenue une nécessité. Les problèmes de la défense de la vie humaine sont essentiellement supranationaux. On commence à se rendre compte du fait que dans l'époque actuelle, où tant de questions si graves divisent encore entre elles les nations, le seul champ d'entente et de collaboration possible est représenté par ces problèmes, dont la réalisation seule peut faire espérer une entente future.

La lutte politique et économique qui divise les différentes nations du monde exerce la même action désintégratrice entre les différentes classes sociales de chaque nation et la paix sociale ne sera possible que quand les grands organes représentatifs du capital et du travail auront compris qu'il est dans leur intérêt respectif de marcher à la conquête de la paix à travers l'amélioration des conditions d'existence des masses abandonnées aujourd'hui à toutes possibilités de détérioration. Cet avenir radieux a été entrevu il y a presque 50 ans par un des plus grands apôtres de la science mondiale, *L. Pasteur*.

«Deux lois contraires semblent aujourd'hui en lutte : une loi de sang et de mort qui en imaginant chaque jour de nouveaux moyens de destruction oblige les peuples à être constamment prêts pour les champs de bataille et une loi de travail et de santé qui tend seulement à libérer les hommes de tous les fleaux qui les menacent. L'une ne cherche que les conquêtes violentes l'autre au contraire le soulagement de l'humanité. La première mettrait une seule vie humaine au dessus de toutes les victoires la seconde sacrifierait à l'ambition d'un seul homme des centaines de milliers d'existences». Quatre ans plus tard à la fin de sa vie répondant aux délégués de toutes les nations du monde venus l'honorer Pasteur complétait ainsi sa pensée : «Je crois invinciblement que la science et la paix triompheront de l'ignorance et de la guerre que les peuples arriveront à une entente et que l'avenir appartiendra à ceux qui auront fait le plus pour l'humanité souffrante».

Les tristes événements récents semblent avoir démenti la foi humanitaire de *L. Pasteur* mais cette foi vit encore dans nos cœurs et il est beau de voir que récemment une autre grande voix s'est levée de l'Extrême Orient pour confirmer le même espoir qui animait l'homme de science occidental : c'est celle de Tagore le grand philosophe éducateur et poète hindou.

«Le fait le plus important de l'ère présente c'est que toutes les races humaines sont entrées en contact. Nous nous trouvons devant une alternative : ou bien les différents groupes continueront à s'exterminer entre eux ou bien ils découvriront une base véritable de réconciliation et d'entraide. Ceux qui sont doués du pouvoir d'aimer et de la vision de l'unité spirituelle ceux qui ont le moins d'inimitié contre l'étranger ceux qui par instinctive sympathie savent se mettre à la place d'autrui seront les plus aptes à jouer un rôle prépondérant dans les temps qui viennent. Ceux par contre qui ne font que développer leur instinct combattif et leur intolérance seront éliminés».

Dans mon pays nous avons cherché à découvrir quelque chose de commun à toutes les races quelque chose qui témoignât de leur véritable unité. Jamais elles ne s'uniront sur le terrain commercial et politique mais les hommes de pensée et de puissance morale découvriront l'unité en prendront conscience et la feront connaître. En trouvant la solution de notre problème nous aurons aidé à résoudre celui du monde. Le moment vient où vous aussi vous chercherez une base d'unité autre que la politique».

Eh bien, je crois que l'homme de science occidental et le poète oriental sont dans le juste, et que cette base d'entente, ce terrain de conciliation est offert aujourd'hui au monde civilisé par le fertile champ humanitaire de la science appliquée à la politique sociale.

2 PHYSIKALISCH-
METEOROLOGISCHE
ABTEILUNG

Extreme Klimaelemente auf der Erde

Von Prof. Dr. G. Hellmann Berlin

Das Klima ist, mathematisch gesprochen, eine Funktion vieler Variablen. Wir nennen sie Klimaelemente. Es kommt vor, daß an einem Ort gleichzeitig einige dieser Variablen extreme Werte Maximum oder Minimalwerte, annehmen, aber es gibt keinen Ort auf der Erde an dem das für sehr viele oder gar für alle Klimaelemente zu trafe. Wenn wir daher von extremen Klimaten sprechen und diese zu einander in Parallele stellen, so kommt immer nur ein Teil extremer Verhältnisse zum Vergleich. Wollen wir von allen Klimaelementen die Extreme oder Grenzwerte kennen lernen, so müssen wir sie einzeln aufsuchen. Das ist wichtig, denn zur richtigen Beurteilung des Klimas eines Ortes bedarf es nicht bloß der Kenntnis der mittleren und extremen Werte der zugehörigen Klimaelemente, sondern es ist auch von Belang, die Grenzen zu kennen, innerhalb deren diese Elemente auf der ganzen Erde schwanken. Erst dann läßt sich zuverlässig beurteilen, welche Stellung der betreffende Ort in klimatischer Beziehung einnimmt.

Die Erforschung der Klimaverhältnisse der Erde ist nunmehr so weit vorgeschritten, daß man wagen darf, die Bearbeitung dieser Frage vorzunehmen. Allerdings muß man von vornherein darin festhalten, daß die jetzt aufgestellten Grenzwerte keine endgültigen sein können, sondern daß, wie bei allen Extremen, auch hierbei nach Fortbeziehung weiterer Beobachtungsjahre und Orte eine Erweiterung der Grenzen möglich, ja sehr wahrscheinlich ist. Gerade einige in den letzten Jahrzehnten gemachte Erfahrungen sprechen dafür. So haben uns erst die jüngsten Südpolarexpeditionen den Ort der niedrigsten Jahrestemperatur, außerdem auch die windigste Gegend der Erde kennen gelehrt, und die neuerdings durchgeführte geologische Aufnahme der Hawaischen Inseln hat die Feststellung einer jährlichen Regenmenge ergeben, die der größten bisher bekannten den Rang streitig macht. Es ist also sehr wohl möglich, daß wir mit weiterer geographischer und damit Hand in Hand gehender meteorologischer Erforschung der Erde von Gebieten Kenntnis erhalten, deren Klimaelemente die jetzt festgestellten Grenzen überschreiten.

In der folgenden Untersuchung konnten natürlich nur die wichtigsten Klimaelemente für die reichliches Vergleichsmaterial vorliegt, berücksichtigt werden, also Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlag und Wind. Es werden noch viele Jahrzehnte vergehen, ehe wir auch für die übrigen Elemente ein gleiches tun können.

Da wir die Klimawerte ferner Orte am besten im Vergleich mit den heimischen bemessen, schicke ich das Klimagramm von Davos voraus, das in kurzer synthetischer Form die wichtigsten Klimaelemente nach der Abhandlung des Herrn Bach enthält ¹⁾

$$26 \frac{12}{-74} \frac{3}{-298} \quad | \quad 50 \frac{82}{94} \quad 79 \frac{88}{13} \quad | \quad 51 \frac{61}{49} \quad | \quad 910 \frac{198}{46} \quad 144 \frac{18}{87} \quad \sim 0.3 \text{ mm}$$

Die erste Zahlengruppe enthält die mittlere Temperatur des Jahres und der extremen Monate sowie die höchste und die niedrigste beobachtete Temperatur. Die zweite Gruppe bezieht sich in ähnlicher Weise auf die absolute und die relative Feuchtigkeit, die dritte Gruppe auf die Bewölkung, die vierte und letzte Gruppe auf die Niederschläge, wobei zu beachten ist, daß nur die Niederschlags-tage mit mindestens 0,3 mm Niederschlag im schweizerischen Beobachtungsnetz in Rechnung gezogen werden.

Lufttemperatur. Als Ort der höchsten mittleren Jahrestemperatur mit 30,2° muß Massaua am Roten Meer angesehen werden, das auf einer kleinen, der Küste vorgelagerten Insel liegt. Wie dieser Wert entstanden ist, ersieht man aus der folgenden Uebersicht über die mittleren Maxima und Minima in den Monaten und im Jahre, die aus 16-jährigen Aufzeichnungen italienischer Kolonialbeamter von *F. Eredia* und *G. Memo* berechnet worden sind (Contributo alla climatologia di Massaua Boll. Soc. Geogr. Ital. 1907 fasc. IV).

	Jan	Febr	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
Mittl. Max	29.4	29.6	31.6	33.2	35.2	38.6	39.5	38.7	36.8	34.2	32.3	30.6	34.1
„ Min	22.5	22.4	23.1	25.2	26.9	29.0	31.0	30.6	29.2	27.3	25.4	23.0	26.3

Es sind also hauptsächlich die gleichmäßig hohen Minima, welche die hohen Mitteltemperaturen zustande bringen. Die mittleren Minima von Massaua liegen im Winter um 20°, im Sommer um 8° über den mittleren Maxima von Berlin. Es kühlt in der Nacht nicht ab, und man versteht, wenn es in den Reiseberichten heißt, daß in Massaua die warmen Nächte bei gleichzeitig herrschender Windstille und feuchter Luft unerträglich sind. Die Lage auf einer kleinen, von warmem Meerwasser umspulten Insel hat hauptsächlich schuld daran.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit eine kleine Einschaltung machen und gerade in diesem Kreise darauf hinweisen, daß eine Angabe über die Häufigkeit warmer Nächte in den medizinischen Klima-

¹⁾ Das Klima von Davos nach dem Beobachtungsmaterial der eidgenössischen meteorologischen Station in Davos. Von Dr. Hugo Bach (Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. XLII, Abt. 1) 1907, 40. — Ueber das von mir vorgeschlagene Klimagramm vgl. Meteorol. Zeitschr. 1924 S. 278.

tologischen Monographien nicht fehlen sollte, denn sie greifen den Körper im meisten in ein Minimum von 20° in der Nacht wäre viel leicht ein passender Grenzwert für Mitteleuropa

Sodann ist zu erwähnen, daß sich für den Ort Lugh am Djuba im italienischen Somaliland (etwa 3° 55' S 42° 35' E, 266 m) aus neueren, 13 Monate umfassenden Messungen an Extremthermometern eine Jahrestemperatur von 30.8° ergibt, ein Wert von derselben Größenordnung wie der von Massaua (vergl. *F. Eredia* Sul clima della Somalia italiana meridionale Roma 1913 8° S 7 und Meteorol Zschr 1914, S 458)

Der ostafrikanische Kolonialbesitz Italiens hat also die höchsten Jahrestemperaturen aufzuweisen nämlich 30° bis vielleicht 31°

Schließlich ist auch die Jahrestemperatur von Berber am oberen Nil, in 18° n Br und 350 m Seehöhe, sie beträgt 29° und wurde im Meeresspiegel etwa 30,8° sein

Die deutschen Saharareisenden *Barth von Beurmann Rohlf*s und *Nachtigall* sollen wie mit *Schweinfurth* erzählte immer als heißsten ihnen bekannten Ort die Oase Kauar (18° 57' N 495 m) auf dem Karawankewege von Muizul nach Kuka bezeichnet haben Die von *Hann* berichteten *Rohlf*schen Beobachtungen ergeben auch wirklich sehr hohe Mai und Junimittel (38.1° bzw 36.6°) da aber die Wintertemperaturen in der Sahara relativ niedrig sind kann das Jahresmittel von Kauar dasjenige von Massaua nicht erreichen (vgl. Ergänzungsheft 34 zu Petermanns Mitt und *Hann* Klimatologie III 71)

Früher galt Pondichery an der Koromandellüste südlich von Madras als Ort der höchsten Jahrestemperatur die nach dem vom französischen Astronomen *Le Gentil* vom März 1768 bis Dezember 1769 täglich zur Zeit des Sonnenaufgangs und au moment le plus chaud du jour angestellten Beobachtungen 31.0° betragen sollte (vgl. Voyage dans les mers de l'Inde Paris 1779—1781 2 Bde 4^e I 474 ff) ein Wert der durch *Doves* Temperaturafeln weitere Verbreitung gefunden hat Er ist aber zu hoch denn nach den neuen Beobachtungen des indischen meteorologischen Dienstes deren Ergebnisse im Climatological Atlas of India eine chone kartographische Darstellung gefunden haben kann die mittlere Jahres temperatur von Pondichery höchstens 28° betragen diejenige des mehr nördlich gelegenen Madras ist 27°

Die durch wirkliche Beobachtungen verbürgte niedrigste mittlere Jahrestemperatur hat Framheim (78° 38' S, 163° 37' W), das Stützquartier von *Amundsen* auf seiner Südpolarexpedition Nach den Berechnungen und Reduktionen, die zuerst *Mohn* und *Hann* neuerdings *Simpson* in den 11 Monate lang gemachten Beobachtungen vorgenommen haben kann man für diesen Punkt am Rande der antarktischen Eisbarriere rund —26° annehmen Es ist vorzugsweise Strahlungskälte die bei häufigen Windstillen einen so niedrigen Wert bedingt Die einzelnen reduzierten Monatsmittel sind folgende

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	} Jahr
— 9.7	—15.4	—21.5	—27.6	—35.4	—34.4	
Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
—36.5	—44.8	—37.5	—24.2	—15.5	— 6.7	—25.8

Da der Sudpol über 2000 m hoch liegt, wird in Wirklichkeit diesem die niedrigste Jahrestemperatur zukommen sie muß erheblich unter -30° liegen, doch sind die Unterlagen für eine genauere Berechnung zu unsicher, und ich will sie daher lieber unterlassen. Für den zentralen und höchsten Teil des grönländischen Inlandsees (etwa 75° N, 3000 m) nimmt A. Wegener eine mittlere Jahrestemperatur von rund -32° an (vergl. A. Wegener, Durch Grönlands Eiswüste, in der Zeitschrift „Himmel und Erde“, XXVI S. 505).

Bisher wurde als niedrigste Jahrestemperatur $-20,4^{\circ}$ angesehen, die aus den an Fort Conger in der Lady-Franklin Bai ($81^{\circ} 44'$ N, $65^{\circ} 3'$ W) während des „internationalen (meteorologischen) Polarjahres“ von der amerikanischen Expedition unter Leitung von Greely angestellten Beobachtungen abgeleitet war (ausführliches Referat von Hann in der Meteorol. Zschr. 1890, 1—18).

Das höchste Monatsmittel der Temperatur gehört nicht, wie man leicht glauben konnte, dem Ort der höchsten Jahrestemperatur an. Es ist vielmehr mit $38,9^{\circ}$ das Juli-mittel der Station Greenland Ranch im Death Valley, einer zwischen meridional verlaufenden Bergketten (Telescope Range und Funeral Mountains) liegenden und unter den Meeresspiegel herabgehenden Einsenkung nördlich von der Mohawewüste in Nordamerika ($35^{\circ} 40'$ bis $36^{\circ} 35'$ N, $116^{\circ} 15'$ bis $117^{\circ} 5'$ W -55 m). Auch der August hat daselbst noch das hohe Mittel von $38,2^{\circ}$ (vergl. M. W. Harrington, Notes on the climate and meteorology of Death Valley, California, Washington 1892, S. 50) und Meteorol. Zschr. 1893, S. 19).

Bemerkenswert hoch ist die mittlere Junitemperatur von Jacobabad im westlichen Indien ($28^{\circ} 17'$ N, $68^{\circ} 29'$ E, 57 m), nämlich $36,5^{\circ}$ (August noch $35,0^{\circ}$) und die Juli-temperatur von Berbera mit $36,3^{\circ}$, während die höchsten Monatsmittel am Roten Meer $35,2^{\circ}$ (Juli) in Massaua und $35,3^{\circ}$ (Juli) in dem südlich davon gelegenen Assab sind, in Berbera am obern Nil hat der Juni eine Mitteltemperatur von $34,8^{\circ}$.

Das niedrigste Monatsmittel haben wir im sibirischen Kaltepol, in Werchojansk ($67^{\circ} 6'$ N, $133^{\circ} 9'$ E, 100 m) zu suchen, wo das Januar-mittel $-51,2^{\circ}$ beträgt. Diese tiefe Temperatur ist aber nach Woeikof lokaler Natur, da sich die kalte Luft in dem zwischen Höhenzügen eingeschnittenen Tal der Jana, in dem Werchojansk liegt, ansammelt, während die benachbarten Plateaus warmer sind (vergl. Woeikof, Le climat de la Sibirie orientale, Annal. d. Geogr. 1897/98). Jakutsk, das 5 Breitengrade südlicher liegt und früher als kältester Ort der Erde galt, hat ein Januar-mittel von nur $-42,9^{\circ}$.

Die große Kälte in Sibirien wird da sie gewöhnlich mit Wind still verbunden ist verhältnismäßig leicht ertragen. Man muß nur die Vorsicht gebrauchen, die Luft nicht direkt einzusatmen, sondern sie erst durch die Haare des Pelzes, der auch den Mund schützt, streichen zu lassen. Dagegen erzeugt tiefe Temperatur, verbunden mit starker Luftbewegung, wie jedermann aus Erfahrung weiß, ein durch

dringendes Kältegefühl und bedingt die eigentliche Strenge des Klimas. An einigen Stellen am Rande des antarktischen Kontinents ist diese Winterstrenge besonders stark ausgeprägt, wie zuerst der Meteorologe der Schwedischen Südpolarexpedition, *G. Bodman* in der Ueberwinterungsstation Snow Hill gezeigt hat (Das Klima als Funktion von Temperatur und Windgeschwindigkeit in ihrer Verbindung, in Wissenschaftliche Ergebnisse d. Schwedischen Südpolarexpedition 1901 bis 1903, unter Leitung von Dr. *Otto Nordenskjöld* Bd II, Lfg 1 Stockholm 1908 4°, vergl. auch *O. Baschin* Die Winterstrenge als klimatischer Faktor „Das Wetter“ 1918 S. 101—108). Seitdem wurden die Windverhältnisse der weiter unten noch näher zu erwähnenden antarktischen Station im Adelieland unter 67° S. bekannt, die wohl kaum einen Zweifel darüber lassen, daß hier das härteste Polarklima zu suchen ist.

Die Jahresschwankung der Temperatur, d. h. die Differenz zwischen der mittleren Temperatur des warmsten und des kältesten Monats, hat ihren größten Wert im eben erwähnten sibirischen Kältepol der nur vom November bis März als solcher besteht und dann allmählich so hohe Temperaturen annimmt, daß die mittlere Juli-temperatur bis auf 15 1° steigt. Infolgedessen ist die Spanne zwischen höchster und niedrigster mittlerer Monatstemperatur daselbst sehr groß, nämlich 66 3°.

Am kleinsten fällt die mittlere Jahresamplitude aus auf kleinen Inseln in niedrigen Breiten des Stillen Ozeans, so z. B. auf der Koralleninsel Jalut in der Gruppe der Marschallinseln, wo sie nur 0 4° beträgt, auf der nahe südlich vom Äquator gelegenen Insel Nauru (0 6°) und auf der den westlichen Karolinen angehörigen Insel Yap (0,8°). Auf dem Festland sind durch kleine Jahresschwankung der Temperatur ausgezeichnet das eigentliche Äquatorialgebiet sowie hochgelegene Orte, z. B. Luluburg (0 7°) und Hebertshöhe (0,7°) in Afrika, Colon (0 5°) in Amerika, Padang auf Sumatra (0 9°), Batavia auf Java (1 1°), Cayenne und Georgetown in Guyana, Paia und Manaus im Amazonas je 1,5°, Quito (0 4° in 2850 m Höhe) und Arequipa (0,8° in 2450 m).

Bezüglich der aperiodischen Tageschwankung der Temperatur mag es genügen, darauf hinzuweisen, daß sie in hochgelegenen Steppen und Wüstengebieten besonders groß ist, z. B. in Calama in Chile (22 5° S., 2250 m), wo sie im Jahresdurchschnitt 22,8° beträgt (Meteorol. Zschr. 1916, 381), in Kelat im afghanischen Grenzgebiet von Indien (2070 m) 21 6° (*Hann* Klimatologie II, 205), daß sie aber sehr kleine Werte annimmt auf dem Ozean und in Polargebieten, nämlich nur 0,5 bis 2°.

) Vgl. *Braal* Het Klimaat van Nederlandsch Indië I. 5 S. 309 (Batavia 1924 8°). Bei trockenem sonnigem Wetter im Indischen Ozean 0 5°. Als Durchschnittswert für alle Meere gilt 0 65° (*H. Meyer* in den *Annalen d. Hydrographie* 1912 S. 531).

Die Frage nach der höchsten auf der Erde beobachteten Temperatur hat von jeher großes Interesse erweckt, sie ist aber schwerlich zu beantworten, weil die genaue Bestimmung hoher Lufttemperaturen wegen der nicht leicht auszuschaltenden Fehler der Thermometeraufstellung und wegen der Rückstrahlung vom Boden großen Schwierigkeiten begegnet. Wenn der Erdboden in der Wüste bis zu 70° erhitzt ist, hält es schwer die Bodenstrahlung auf das Thermometer ganz unwirksam zu machen. Man darf daher von vornherein annehmen, daß die gemessenen Temperaturmaxima eher zu hoch als zu niedrig sind und man darf es mit dem Zehntel Grad nicht zu genau nehmen.

Die höchste bisher in einer festen Thermometeraufstellung (einem amerikanischen Thermometerstand vom Typus des Stevenson screen) gemessene Lufttemperatur war 56.6° am 10. Juli 1913 in dem schon erwähnten Todestal (Death Valley) an der Grenze von Kalifornien und Nevada. Diese ungewöhnliche Wärme, die an der tiefsten Stelle der Bodensenke wahrscheinlich noch größer war, tritt in einer sieben-tägigen Hitzeperiode auf, die durch folgende Maxima gekennzeichnet ist:

1913 Juli	8	9	10	11	12	13	14
	53.3	53.8	56.6	53.8	54.4	54.8	52.7

Eine solche Folge von extremen Temperaturweiten dürfte selbst im Todestale selten vorkommen.

Im Innern von Neusudwales sind 54° und am 21. Januar 1840 sogar 55° gemessen worden (*Hann Klimatologie* III, 485). An mehreren Orten der amerikanischen Wüsten von Arizona, Kalifornien und Neu Mexiko wie Salton, Mammoth Tank, Mohawk Summit, hat es Maxima von 51° bis 51.4° gegeben (ebenda III, 425 ff.). Im Juli 1921 wurde in Basra am unteren Euphrat ein Maximum von 58.8° festgestellt (*Quart. Journ. R. Meteor. Soc.* 1922, 278). *Rohlf's* beobachtete in der obgenannten Oase Kauar im Mai 53°, und fast eben so hohe Werte werden im Wüstengebiet von Indien erreicht, Jacobabad (28° 17' N., 68° 29' E.) an der Grenze von Beludschistan hatte am 13. Juni 1897 ein Maximum von 52.2°.

Man liest hin und wieder von noch viel höheren Temperaturen als den vorstehend genannten, aber sie sind entweder von vornherein als falsch zu bezeichnen oder so fraglich und unwahrscheinlich, daß sie nicht verdienen, hier mitgeteilt zu werden (man vergleiche zum Beispiel *Meteorol. Zschr.* 1893 S. 62, 279). Ich glaube man darf als höchste beobachtete und genügend verbürgte Lufttemperatur 55° bis 56° annehmen, denn die in dem amerikanischen Thermometerstand im Death Valley abgelesene Temperatur von 56.6° ist wegen der Beeinflussung durch den von der Sonne erhitzten Strand, der nur eine geringe Höhe über dem Erdboden hatte, wahrscheinlich um 1° oder mehr zu hoch ausgefallen.

Nachträglich ersehe ich aus einer Notiz im Quart Journ R Meteor Soc 1924, S 324 (The highest recorded shade temperature) bezw in der Meteor Zschr 1925, S 39, daß nach einer Angabe von *F. Eredia* in seiner Schrift «Il clima di Azizia (Tripolitania)» am 13 September 1922 in Azizia etwa 40 km südlich von Tripolis, bei wolkenlosem Himmel und Sudwestwind ein Maximum der Temperatur von 58° beobachtet worden sein soll. Es erschien mir so gleich auffällig, daß relativ nahe dem Meer und in einer Gegend mit nur halb wüstenartigem Charakter eine so hohe Temperatur vor gekommen sein sollte. Ein Vergleich mit den übrigen tripolitänischen Stationen in der Veröffentlichung «R Ufficio Agrario, Sezione Meteorologica» (Nr 4 5) zeigte auch, daß die Angabe um rund 10° höher ist als die am gleichen Tage bezw am Tage vorher an andern Stationen abgelesenen Maxima: Tripolis 45 9°, Sidri Mesra 44 0°, Homs 44,5°, Zuana Marina 47 4°. Auch im Jahre 1923, in dem die genannte Veröffentlichung für Azizia als Maximum 57 3° verzeichnet, haben alle übrigen Stationen, deren Zahl auf neun gestiegen ist, Maximaltemperaturen, die 10 oder mehr Grad niedriger sind. Andererseits erscheint es auffällig, daß die in Azizia beobachteten Minima niedriger sind als die der übrigen Stationen. Ich mochte daher glauben, daß mangelhafter Schutz gegen Ein- und Ausstrahlung vorliegt oder daß sich die Thermometeraufstellung in einer Bodenschule befindet.

Nicht geringeren Schwierigkeiten begegnet eine zuverlässige Angabe über die niedrigste bisher beobachtete Lufttemperatur. Das Quecksilber wird bei $-39\ 5^{\circ}$ fest und das alsdann an Stelle des Quecksilberthermometers gebrauchte Alkoholthermometer (bezw neuerdings Toluolthermometer) ist aus mancherlei Gründen auf die ich hier nicht einzugehen brauche nicht so genau wie das Quecksilberthermometer.

Lange Zeit galt als niedrigste Temperatur die vom Kaufmann *Nemcow* am 21 Januar 1838 in Jakutsk gemachte Ablesung von -48° R = -60° C, die aber nach von *Middendorff* nur als «un nahend» betrachtet werden darf (vgl Sibirische Reise, Bd IV T I 3 1 ff; Klima 1861 4^o S 343 ff). Auf keiner Polar expedition ist eine so niedrige Temperatur beobachtet worden, das tiefste Minimum war $-58,8^{\circ}$ in Floeberg Beach (82° 27' N 61° 22' W), $-57\ 1^{\circ}$ in der bereits genannten Lady Franklin Bai und $-57\ 8^{\circ}$ in der bemerkenswert niedrigen Breite von Fort Confidence (66° 40' N 119° W). Auf einer Schlittenreise zwischen Kap Evans und Kap Crozier (76° S 168° W) wurde auf der arktischen Eisbarriere einmal -76° F = $-59\ 9^{\circ}$ C beobachtet. Seitdem aber zu Ende der sechziger Jahre der sibirische Kältepol von Verchojansk bekannt geworden ist, sind wiederholt tiefere Temperaturen zur Ablesung gekommen. An diesem Ort beträgt bereits das mittlere Jahresminimum $-62\ 2^{\circ}$, und das im Januar 1892 festgestellte absolute Minimum $-67,8^{\circ}$. Eine ähnlich tiefe Ablesung am Weingeistthermometer war die vom 3 (15) Ja-

nuar 1885 nämlich — 68°, die nach *H. Wild* auf das Luftthermometer reduziert sogar einer Temperatur von — 76° entsprechen wurde (*II Wild Temperatur Minimum in Werchojansk im Winter 1884 auf 1885, in Melanges phys et chim, Acad des sciences, St Petersburg, Tome XII pag 349—350, Meteor Zschr 1886, 178*)

Vergleicht man miteinander die äußern Bedingungen unter denen die größten Temperaturextreme die höchste und die niedrigste Lufttemperatur, vorgekommen sind, so erkennt man, daß in beiden Fällen eine sehr ähnliche orographische Beschaffenheit des Terrains vorhanden war die Bodensenke des Todestales, in die wie in einen Hohlspiegel die Sonne hineinbrannt, und das eingeschnittene Tal der Jana, in dem sich die durch die Ausstrahlung erkaltete Luft ansammelt, also beidemal konkave Formen der Erdoberfläche

Luftfeuchtigkeit Bei der großen Unsicherheit der hygrometrischen Methoden und der wahrscheinlich infolgedessen zu rückgebliebenen Bearbeitung der Feuchtigkeitsbeobachtungen lassen sich nur ungefähre Angaben über die Extreme der absoluten und der relativen Feuchtigkeit auf der Erde machen

Das höchste Jahresmittel des Dampfdrucks wird in tropischen Gewässern zu suchen sein wo bei hoher Temperatur des Meerwassers und der Luft sowie bei genügender Ventilation eine starke Verdunstung stattfindet. Das wäre im indischen Ozean namentlich im Bereich des Inselarchipels der Fall. Das höchste Jahresmittel dürfte 25 bis 26 mm betragen. Port Blair auf den Andamanen im südöstlichen Teil des Bungalischen Meeres (11° 40' S) hat einen Jahreswert von 24,2 mm

Da der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre mit sinkender Temperatur abnimmt, wird der niedrigste Dampfdruck in den kaltesten Gegenden anzutreffen sein. In der Tat hat Frimheim nicht nur die niedrigste Jahrestemperatur, sondern auch den kleinsten Wert der absoluten Feuchtigkeit im Jahresmittel aufzuweisen. Interpoliert man nämlich die beiden fehlenden Monate Februar und März 1911 so erhält man als wahrscheinlichstes Jahresmittel 0,9 mm während der August das niedrigste Monatsmittel mit 0,1 und der Dezember das höchste mit 2,4 mm hat (vergl. *II Mohn* Roald Amundsen, Antarctic Expedition, Scientific Results, Meteorology Kristiania 1915 8° S 31). Das niedrigste Monatsmittel 0,1 mm findet sich nach dem russischen Klimaatlas auch bei Werchojansk und Jakutsk im Januar also im Gebiet des sibirischen Kaltepols

Die relative Feuchtigkeit ist auf tropischen Meeren und an deren Küsten das ganze Jahr hindurch so groß daß sich hohe Jahresmittel ergeben. Ich nenne Pará an der Mündung des Amazonenstroms mit 90 Prozent und das regnerische Debunda am Fuß des Kamerunberges, wo die Monatsmittel zwischen 88 und 93 Prozent schwanken. Aber auch in hohen südlichen Breiten gibt es Orte mit gleichmäßig großer Feuchtigkeit, wie auf der Insel Laune (60° 44' S, 44° 39' W),

mit einem Jahresmittel von 90 Prozent und geringen Schwankungen August 94 Prozent, Januar 87 Prozent Auch auf der Macquerie Insel ($54^{\circ} 45' S$ $159^{\circ} E$) konnte die Australische Antarktische Expedition vier Monate hintereinander durchschnittlich 93 Prozent Feuchtigkeit feststellen Noch hoher sind die Jahresmittel auf Berggipfeln, die häufig in Wolken gehüllt sind, wie z B auf dem Ben Nevis (1343 m) in Schottland, 94 Prozent und dem 2877 m hohen Singgalang auf der Westseite von Sumatra, 93 Prozent (*C Braak* Het Klimaat van Nederlandsch Indie S 349) Die größten langjährigen Monatsmittel betragen hier 96 bis 97 Prozent

Die niedrigsten Jahresmittel der relativen Feuchtigkeit gehören den Wüstengebieten im Innern der Kontinente an und gehen bis unter 30 Prozent herab Khartum am Nil ($15^{\circ} 38' N$, 370 m) hat nach der Monographie von *L J Sutton* The climate of Khartum Cairo 1923 8^e ein Jahresmittel von 28 Prozent (April 13 Prozent August 49 Prozent), Berber am Nil ($18^{\circ} N$) 29 Prozent, Wadi Halfa gleichfalls am Nil ($21^{\circ} 55' N$, 130 m) 32 Prozent, Timbaktu am Niger 33 Prozent Mitten in der Wüste wo keine Oase und kein Gewässer vorhanden ist werden die Jahresmittel sicher unter 30 Prozent bleiben

Bewolkung Dieses auf Schätzungen beruhende Klimatelement bietet naturgemäß bei Vergleichen einige Unsicherheiten dar, die auch bei extremen Werten sehr störend wirken können

Die Gegend, wo der Himmel durchschnittlich im meisten mit Wolken bedeckt ist, liegt wahrscheinlich im europäischen Nordmeer und im Weißen Meer sowie im Südpolarmeer *O V Johansson* hat für den unter dem nördlichen Polarkreis und am Ostrande der Halbinsel Kola liegenden Leuchtturm Sosnowez ein Jahresmittel von 88 und fast ebenso hohe Werte für einige Orte auf den Faeroer gefunden (*Meteorol Zschr* 1911, 409) Die Monatsmittel von November und Dezember erreichen in Sosnowez den Wert 94 In hohen Breiten der Südhalbkugel werden wahrscheinlich ebenso trübe oder noch trübere Gegenden existieren So nimmt *G Schott* (*Geographie des Atlantischen Ozeans* Hamburg 1912 8^e S 212, Tafel XXIII) im östlichen Teil des Weddell Meeres ein Gebiet mit mehr als 90 mittlerer Bewolkung an Er stützt sich dabei auf die Beobachtungen der „Valdivia“ und der „Scotia“ Expeditionen

Die kleinste mittlere Bewolkung geht zwar nicht bis zur möglichen unteren Grenze (Null) herab, bleibt aber unter 1, denn für Assuan am oberen Nil wird sie mit 0,5 angegeben In einzelnen Monaten ist sie hier und in andern Wüstenorten auch im Durchschnitt wirklich 0 Eine sehr geringe mittlere Bewolkung haben auch Bahrein im Persischen Golf mit 0,8 (vergl *Schott* Ozeanographie und Klimatologie des Persischen Golfes und des Golfes von Oman) sowie Orte im indischen Wüstengebiet, wie Multan im Punjab mit 1,7, Quetta in Britisch Beludschistan mit 1,9 ferner Yuma in der nordamerikanischen Gila Wüste mit 1,7

Niederschlag Als regenreichster Ort der Erde wird seit langem Cherrapunji in Indien angesehen, das eine mittlere Jahresmenge von rund 11,000 bis 12,000 mm hat. Es liegt auf dem 1250 m hohen Plateau der Khasi Hills, die nordöstlich von Calcutta aus der Ebene von Bengalen steil aufragen und ganz im Luv des Südwestmonsuns liegen. Es sind also Steigungsregen, welche die große Menge bedingen. Das am Sudfuß der Hügel gelegene Sylhet erhält bloß den dritten Teil (4033 mm) und das auf der Nordseite, also im Regenschatten liegende Shillong sogar nur 2057 mm. Man weiß auch seit mehreren Jahrzehnten, daß der Betrag der Regenmenge in Cherrapunji mit dem Aufstellungsort des Regenmessers auf dem Plateau stark wechselt. *H. F. Blanford* hat im *Quart. Journ. R. Meteorol. Soc.* XVII, 1891 S. 146—154 einen ausführlichen Bericht mit Lageplan über diese Verschiedenheit des Regenfalls gegeben und viele interessante Einzelheiten über exzessive Monats- und Tagesmengen mitgeteilt. Vor kurzem wurden von *G. T. Waller* neue Mittelwerte aus den Beobachtungen in den Jahren 1878—1920 veröffentlicht, an die ich mich hier halten werde (Monthly and annual normals of rainfall and of rainy days from records up to 1920. *Mem. Indian Meteorol. Department* vol. XXIII, part VII. Calcutta 1924. Fol.)

Die den folgenden Stationsnamen in Klammern beigefügten Zahlen bedeuten die Anzahl der Beobachtungsjahre.

Jährlicher Regenfall in Cherrapunji

Polizeistation (49)	10 867 mm	158,5 Tage
Walliser Missionshaus (18)	11 219	162 4 ,
Shadwells Haus (12)	11 421	162 1
Rom. Kathol. Missionshaus (11)	9 690	162 9 ,

Weiterhin wird aber in derselben Gruppe von Stationen in den „Khasi and Jaintia-Hills“ für die Station Manowriam (5) die nach den beigefügten Bezeichnungen zu urteilen inzwischen eingegangen ist und über 3500 feet (1067 m) hoch liegt, ein alle vorhergehenden und nachfolgenden übertreffender Wert angegeben, nämlich 12 660 mm. Etwas Näheres über die Lage dieser Station wird nicht mitgeteilt, auch habe ich sie auf Karten nicht auffinden können. Es wäre möglich, daß unter den 5 Beobachtungsjahren, aus denen das Mittel gebildet ist, einige besonders nasse waren, denn auch in Cherrapunji unterliegt der jährliche Regenfall sehr erheblichen Schwankungen.

Dieses erstaunlich hohe Jahresmittel der Regenmenge in Indien wird fast erreicht auf einer Station, die auf Kauai der nördlichsten Insel der Hawaigruppe liegt. Bei der neuen geologischen Aufnahme dieser Insel hat man die gute Idee gehabt, auf dem Gipfel (1547 m) des vulkanischen Berges Waialeale, der fast die ganze kleine Insel Kauai einnimmt, einen Regenmesser aufzustellen, in dem regelmäßige Messungen ausgeführt wurden. Die ersten 5 Jahrgänge ergaben einen

Mittelwert von 12 090 mm³) (Monthly Weather Review, vol 47, 305—308) Auch diese Regen sind Gelanderegen die der Nordost passat beim Aufsteigen auf die ganz frei gelegene Insel erzeugt

Eine dritte Stelle auf der Erde mit ungewöhnlich großem Regenfall ist der Westfuß des Kamerunpiks im Golf von Guinea Die nur 5 m über dem Meeresspiegel liegenden Pflanzungen Debundja und Bibundi, die durch die Fürsorge *A v Dancielmans* frühzeitig von der deutschen Kolonialverwaltung mit Regenmessern (darunter auch einem selbstregistrierenden) versehen wurden haben nach 11 bzw 8½-jährigen Beobachtungen eine mittlere Jahresmenge von 10 469 mm, oder Bibundi nach *Maurer* auf Debundja reduziert, sogar 11 050 mm (*Hann* Klimatologie II 71) Zieht man in Betracht daß diese Mengen fast im Meeresspiegel gemessen worden sind und daß in größerer Höhe am Abhang des Kamerunberges noch viel mehr Regen fallen bzw eine Zone maximalen Regenfalls existieren muß, so kommt man zu dem Schluß, daß die regenreichste Gegend der Erde der Westabhang des Kamerunberges ist

Welcher ist der niederschlagsärmste Ort der Erde? Zunächst kann man fragen gibt es einen Ort ohne jeden Niederschlag? Ich glaube nicht Auch in den trockensten Wüstengebieten kommt es gelegentlich einmal zum regnen und die von den „ältesten“ Finghoren oftmals gemachte Aussage daß es in ihrem Ort noch nie geregnet habe ist häufig genug durch wissenschaftliche Reisende widerlegt worden Die mittlere Jahresmenge des Regens wird also niemals Null sein Es gibt aber sicherlich Orte in denen in einzelnen Jahren oder sogar in mehreren Jahren hintereinander keine meßbaren Niederschläge fallen An den trockenen Küsten von Chile und Peru, im ehemaligen Deutsch-Südwestafrika, in Oberägypten, in Australien sind solche Fälle wiederholt festgestellt worden Früher galt das Nilgebiet bei und oberhalb Assuan als ganz regenlos seitdem es aber in Ägypten einen geordneten meteorologischen Beobachtungsdienst gibt sind kleine Regenfälle dieselbst mehrfach konstatiert worden So gab es in Wadi Halfa (21° 55' N) im Jahrzehnt 1891—1900 keinen meßbaren Niederschlag Regentropfen aber wurden während dieser zehn Jahre im ganzen in 22 Tagen beobachtet, 1895 und 1898 auch nicht einmal diese Es wird aber hinzugefügt in der angrenzenden Wüste gibt es in langen Zwischenräumen schwere Regenstürme (Me

³) Ortsnamen mit der Anfangs bzw Stammsilbe Wai kommen auf den Hawaiischen Inseln wiederholt vor wie die Karte Nr 81 in Stieler's Handatlas erkennen läßt bei östlich häufig auf den Nord und Nordostseiten also in Lagen die dem kalten bringenden Nordostpassat ausgesetzt sind Es lag daher die Vermutung nahe daß Wai etwas mit Wasser zu tun hat oder es drückt bedeutet Ich fand das auch wirklich bestätigt in dem Weil von *A Kramer* Hawaii Ostmikronesien und Simoa (Stuttgart 1906 8°) in dem auf S 84 Waialeale als sprudelndes Wasser übersetzt wird Nachträglich sehe ich daß auch das Dictionary of the Hawaiian language von *L Andrews* (Honolulu 1865 8°) eine derartige Deutung bzw die Uebersetzung wogendes Wasser rechtfertigt

teorol Zschr 1904, 285) Vor einigen Jahren berichteten die Tageszeitungen von einem ungewöhnlich starken Regenfall in Assuan, der die leicht gebauten Häuser der Eingeborenen arg beschädigte bzw zerstörte Ebenso wissen wir daß solche Regengüsse bald hier, bald da in der Wüste Sahara sowie in den Wustengebieten von Amerika und Australien vorkommen Messungen liegen allerdings höchst selten vor, aber die vom Wasser ins Erdreich gerissenen Wadis und Barrancos sind die besten Beweise für das Vorkommen solcher Regengüsse Es kommen auch in den Wüsten gelegentlich Ueberschwemmungen vor, die durch exzessive Regenfälle hervorgerufen werden (vergl *Petermann's Mitt* 1899 S 174 und für die südamerikanischen Wüsten das Buch von B Vicuña Mackenna *Ensayo histórico sobre el clima de Chile desde los tiempos prehistóricos hasta el gran temporal de Julio de 1877* Valparaíso 1877 8° XI, 490 S)

Die kleinsten mittleren Jahresmengen des Regens die durch wirkliche Messungen ermittelt wurden, sind in Chile 5 mm in Iquique (20° 2 S), 6 mm in Antofagasta (23° 6 S) 21 mm in Calcha (27° S) im ehemaligen Deutsch Südwestafrika 10 mm in Walfischbai

Die größte mittlere Monatsmenge des Regenfalls gehört dem obengenannten indischen Ort Manoyuram an, wo im Juli durchschnittlich 2852 mm fallen Die kleinste mittlere Monatsmenge ist natürlich 0, die an vielen Orten, die ich hier nicht zu nennen brauche vorkommt

Bei der sehr verschieden gehandhabten Zahlungsweise der Niederschlagstage, nämlich ohne jede untere Grenze, mit der unteren Grenze 0,1, 0,2, 0,3 0,5, 1,0 und sogar 2,5 mm (0,1 inch, wie z B in Indien), ist ein strenger Vergleich der Zahl der Tage mit Niederschlag an verschiedenen Orten ganz unmöglich

Eine ungewöhnlich große Regenhäufigkeit herrscht jedenfalls auf der schon genannten Insel Jalut in der Gruppe der Marshall Inseln Nach den von deutschen Kolonialbeamten gemachten Beobachtungen gab es daselbst

	Tage mit	
	Regen überhaupt	mehr als 1 mm
1893	343	274
1894	335	268
1895	329	253
Mittel	336	265

Die absolute Regenwahrscheinlichkeit auf Jalut ist also 0,92 die anderswo wohl kaum übertroffen werden wird Aber eine ähnlich große Regenhäufigkeit kommt noch einmal im Stillen Ozean vor, jedoch in höherer südlicher Breite Die nahe dem Westeingang der Magellanstraße liegende Isote de los Evangelistas, ein odes Inselchen von 53 m Höhe, zählt nämlich durchschnittlich 317 Tage mit meßbarem Niederschlag im Jahre In den einzelnen Jahren war die Zahl der Tage mit meßbarem Niederschlag

1899	305	1904	315	1909	316
1900	285	1905	332	1910	?
1901	308	1906	332	1911	?
1902	314	1907	308	1912	329
1903	332	1908	326	1913	323

Orte mit mehr als 300 Niederschlagstagen sind, allerdings nur nach kurzen Beobachtungsreihen beurteilt. Sudgcoigien (301 Tage), Kerguelen (303), Orangebai bei Kap Horn (306), also alles Orte in höheren südlichen Breiten. Eine auffällig große Regenhäufigkeit in niederen Breiten findet sich auf einigen westindischen Inseln, wie St. Vincent, Martinique und Trinidad, und an der Ostküste von Mittelamerika. Porto Bello auf Panama — in Stieler's Handatlas „Puerto Belo“ — dürfte 310 und Bluefield an der Ostküste von Nicaragua 300 Regentage haben. Alle westindischen Orte mit 300 oder mehr Regentagen liegen im Luv des Nordostpassates, der hier eine mehr östliche Richtung hat.

Ueber Gegenden ohne jeden Niederschlag im Jahre habe ich schon oben gesprochen. dagegen ist über die größte Zahl von Niederschlagstagen in einem Monat noch einiges zu sagen. Diese kann in Gegenden mit einer stark ausgesprochenen Regenzeit das größtmögliche Maximum, nämlich 30 bzw. 31, ganz oder nahezu erreichen. So führt die oben erwähnte Veröffentlichung von Walker über den Regen in Indien einige Orte an, bei denen im Juli bzw. im August wenn die Regenfälle des Südwestmonsuns ihre Höhe erreicht haben die mittlere Zahl der Regentage zwischen 30 und 31 liegt. Dabei ist zu bedenken, daß im indischen Beobachtungsgesetz als Regentag nur ein solcher gezählt wird, an dem mindestens 0,1 inch = 2,5 mm gefallen ist. Wäre die untere Grenze, wie bei uns, 0,1 mm, dann würde die mittlere Zahl von 30 bzw. 31 Regentagen in einem Monat sehr viel häufiger vorkommen.

Natürlich gibt es auch in ndern Gegenden mit streng periodischem Regenfall Monate mit durchschnittlich 30 bis 31 Regentagen, so in Balibug (Kamerun), Adis Abeba (Abessinien), Baguio (Philippinen), Nossi Be (Madagaskar) usw.

Ungewöhnlich viel Gewitter hat Abessinien, wo zwischen 7° und 14° n Br. durchschnittlich 214 Tage mit Gewitter im Jahre nach A. D'Abbadie gezählt werden, vergl. seine Monographie „Sur le Tonnerre en Ethiopie“ (Paris 1858, 4° S. 19 ff.). Diese Zahl bezieht sich aber auf einen Raum von 7 Breitengraden Erstreckung und läßt nicht erkennen, wieviel Gewitter an einem Ort vorkommen. Andere gewitterreiche Orte sind Entebbe am Nordufer des Victoria Nyanza in Ostafrika (200 Gewittertage), Balibug im Kamerungebiet (5° 53' N. 10° 2' E. 1340 m) (212 Tage), Salaga (8° 32' N. 0° 11' W. 170 m) (188 Tage), Yrunde, östlich vom Kamerungebiet (3° 49' N. 11° 38' E. 750 m) (165 Tage) usw.

Ob freilich diese Häufigkeitszahlen untereinander wirklich vergleichbar sind, lasse ich dahingestellt, denn die Auffassung der Ge-

witter und der Gewittertage ist ja immer noch schwankend, und in der Zeit in der die diesen Ergebnissen zugrunde liegenden Beobachtungen gemacht wurden sicherlich sehr ungleich gewesen

Die Gewitter fehlen ganz in den beiden Polarkappen, und zwar in der Arktis jenseits 70 bis 80° Breite, in der Antarktis jenseits 55 bis 60° (vergl *N Kallio* Die Erstreckung des Gewitters nach dem Nord und Sudpol Soc Scient Fennica Comment phys math II 10, 1924)

Wind Bei der Windrichtung handelt es sich um die Feststellung der Gegensätze größte Beständigkeit und häufigster Wechsel

Die Gegenden mit der beständigsten Windrichtung sind offenbar die von den Passatwinden überwehten Meere. Genauere zahlenmäßige Angaben darüber liegen vom Südostpassat des Atlantischen Ozeans vor, der von *Hann* an der Hand der Beobachtungen auf den in ihm gelegenen Inseln Fernando de Noronha (3° 50 S 32° 25 W) und Ascension (7° 55 S, 14° 25 W) näher untersucht worden ist (Meteorologie von Fernando de Noronha, einer kleinen ozeanischen äquatorialen Insel Sitzungsber d Wiener Ak, math naturw Cl CXXIII Abt IIa Juni 1914). Die nach der *Lambertschen* Formel berechnete mittlere Windrichtung ist für Fernando de Noronha im Jahresdurchschnitt E 33° S, für Ascension E 39° S, sie schwankt in den zwölf Monatsmitteln nur um 13° bzw 8°

Die häufigsten Windrichtungswechsel werden da stattfinden wo am häufigsten barometrische Depressionen vorbeiziehen. Eine die ganze Erde umfassende Statistik darüber gibt es nicht, so daß eine auf Zahlen sich stützende Angabe unterbleiben muß. Der Nordatlantische Ozean südwestlich von Island der nördliche Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika (Grenzgebiet von Kanada) die Gewässer um Kap Horn und ostwärts zum Südatlantischen Ozean gehören offenbar zu diesen Gebieten

Genugend sicher vergleichbare Angaben über die mittlere Stärke oder Geschwindigkeit des Windes an verschiedenen Orten aller Festländer fehlen fast ganz, da die Art der Aufstellung insbesondere die Höhe der Instrumente über dem Boden von Station zu Station zu stark wechselt. Es gibt aber eine Gegend auf der Erde deren Windverhältnisse so ungewöhnliche sind und von den uns bekannten so stark abweichen, daß wir wohl unbedenklich sagen können das ist die windigste Gegend der Erde. Ich meine die Commonwealtheads in Adelheland am Rande des arktischen Kontinents (67° S 42° 40 E), die von dem Leiter der australischen Südpolarexpedition (1911—1914) Sir *Douglas Mawson* den Namen „the home of the blizzard“ erhalten hat. „Of one thing we were certain and that was that Adelheland was the windiest place in the world“ heißt es auf S 156 des zweiten Bandes des Reiseberichtes. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug im ersten Jahr (1912/13) 22.3 mps einzelne Tagesmittel erreichten 44 mps und einzelne Windstöße 90 mps. Näheres in „The Home of the Blizzard Being the Story of the Au

station Antarctic Expedition, 1911—1914 By Sir Douglas Mawson
London (1915), 8°, 2 Bde

Die windstillste Gegend der Erde dürfte im Innern eines Kontinents, und zwar im Windschatten von Bergen liegen

Zum Schluß lasse ich eine Gegenüberstellung der im vorstehenden den nachgewiesenen Grenzwerte folgen

	Maximum	Minimum
Jahresmittel der Temperatur	30 2°	—25 8° (—32°)
Monatsmittel der Temperatur	38 9°	—51 2°
Mittlere Jahresschwankung der Temperatur	66 3°	0 4°
Mittlere jährliche Tagesschwankung der Temperatur	22 8°	0 5°
Absolute Temperaturextreme	56°	—68°
Jahresmittel des Dampfdrucks	25 mm	0 9 mm
Monatsmittel des Dampfdrucks	28 mm	0 1 mm
Jahresmittel der relativen Feuchtigkeit	90 %	28 %
Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit	95 %	13 %

	Maximum	Minimum
Jahresmittel der Bewölkung } (Skala 0 10)	9 0	0 5
Monatsmittel der Bewölkung }	9 4	0 0
Mittlere jährliche Niederschlagshöhe	12665 mm	< 1 mm
Mittlere monatliche Niederschlagshöhe	2852 mm	0 mm
Mittlere Zahl der Niederschlagstage im Jahre	336	< 1
Mittlere Zahl der Niederschlagstage im Monat	30 (31)	0
Mittlere Zahl der Gewittertage im Jahre	214	0

Es wäre interessant noch festzustellen, innerhalb welcher Grenzen die größten und kleinsten Mittelwerte — nur die Rubrik „Temperaturextreme“ enthält Einzelwerte — schwanken können. Etwas darüber ist im vorstehenden bereits gesagt worden, aber zur allgemeinen Beantwortung der Frage reicht das vorhandene Beobachtungsmaterial nicht aus bzw. liegt nicht in dazu geeigneter Form veröffentlicht vor.

Überblickt man zum Schluß die hier aufgestellten Grenzwerte der Klimaelemente und die Verhältnisse unter denen sie auftraten, so erkennt man, daß sie zwar alle übrigen Werte übertreffen, aber doch nicht so vereinelt dastehen, daß zwischen ihnen und den nächst folgenden Werten ein großer Abstand wäre. Unwillkürlich denkt man dabei an den alten Spruch *Natura non facit saltum*. Bei den niedrigsten Jahrestemperaturen konnte es so scheinen, aber es ist zu bedenken, daß aus dem antarktischen Gebiet noch viel zu wenig wirkliche Beobachtungen vorliegen. Auch da werden Uebergänge von — 26 zu — 32 oder noch tiefern Graden vorhanden sein.

Sodann geht aus dem Vorhergehenden zur Genüge hervor, daß sich weder Ort noch Betrag der Grenzwerte theoretisch vorausbestimmen lassen. Nur aus den Ergebnissen wirklicher Beobachtungen können sie abgeleitet werden und darum müssen sie, wie ich bereits eingangs bemerkt, in Zukunft Änderungen erfahren, wenn die klimatologische Erforschung der Erde weitere Fortschritte gemacht haben wird.

Curiosita circa la pioggia studiata su piani verticali orientati e circa l'influenza biologica della radiazione solare

Prof Dr *Alfonso di Vestea* Pisa

Direttore dell'Istituto d'Igiene presso l'Universita di Pisa, ho avuto occasione di fare delle indagini che possono avere rapporto con le condizioni del clima locale, percio ho creduto di farle presenti a questo congresso

Comincio dalla pioggia che oltre di essere studiata sistematicamente nel modo ovvio raccolta cioe mediante imbuto disposto orizzontalmente, e altresi oggetto d'indagine circa il modo come la quantita annua, stagionale o mensile di essa si ripartisce sopra piani verticali orientati, quali si presentano le superfici dei muri delle nostre abitazioni piu o meno esposti al bagnamento. Chiamo, per intenderci, *pioggia obliqua* la risultante del fenomeno

A intraprendere un tal metodo d'indagini pluviometriche fui mosso dal concetto che il grado di bagnamento delle superfici murarie verticali, *data una certa qualita chimica dell'acqua piovana*, debba poter influire, non che sul naturale processo di deterioramento de'materiali costruttivi, ma anche sulle interne condizioni igieniche della casa, in riguardo particolare del regime termo igrometrico e della maggiore o minore purezza dell'aria. Dimorando in luogo prossimo al mare richiamava molto la mia attenzione il noto fatto, che non di rado la pioggia convoglia e trasporta lontano, divisa in finissimo pulviscolo, dell'acqua marina in sostanza (se ne ha tracce nell'Italia centrale a Firenze a Perugia, ossia a distanza di 70 e 120 chilometri dalla spiaggia tirrena), cosicche le superfici murali se non sieno impermeabilizzate, abitualmente bagnate da piogge simili debbono dopo qualche tempo presentarsi fortemente infiltrate di polveri comuni e principi igroscopici, materie propizie alle vegetazioni crittogamiche. E di qui uno stato di permanente umidita associata a insensibili azioni chimico biologiche, che solo la diretta indagine sperimentale puo dire se e fino a che punto possano interessare l'igiene della casa, nel senso piu largo di tale espressione

Messo da parte il punto del problema referentesi al processo naturale di deterioramento de' materiali costruttivi¹⁾, formai l'attenzione sull'altro punto delle interne condizioni igieniche della casa, memore d'una classica esperienza del *Pettenhofer* sviluppata poi da' suoi scolari per mezzo del sensibilissimo *manometro differenziale* di *Recknagel*. Per i quali studi oggi è noto che sotto il semplice variare delle condizioni termiche tra l'interno e l'esterno (a parte la facile coefficientenza del vento), si determinano piccole differenze di pressione dell'aria animatrici d'un movimento insensibile della stessa per esempio, se ne osserva d'inverno dall'esterno all'interno, *specialmente di notte* ne' piani bassi delle abitazioni.

Cotesto passaggio insensibile d'aria da fuori, ben è vero, non può costituire un coefficiente di ventilazione nel senso proprio di tale espressione, ma a mio avviso, non può non ammettersi che, esistendo nello spessore de' muri un fomite, sia pur piccolo ma perenne di esalazioni incommode o malsane, le medesime sieno sollecitate a penetrare nelle nostre stanze come un altro fattore di guasto delle atmosfere confinate. Senza dire che i muri esterni, compensati di sali igroscopici, devono presentare una minore termocoibenza contribuendo al più facile raffreddamento.

* * *

Spiegata così la direttiva generale del mio studio, e rilevate le disposizioni che ne potrebbero dipendere per il regime igienico della casa passo a dire in due proposizioni le risultanze più notevoli.

A La quantità annuale o stagionale della pioggia, cadente sopra un piano verticale orientato, non è in modo assoluto in rapporto con la direzione dei venti locali. Sono soprattutto possibili a mia esperienza, due eccezioni. Primamente — cosa ovvia — la limitatezza di orizzonte dell'edificio, e quindi, trattandosi di ambiente urbano, il grado di addensamento edilizio nel qual caso decide la *configurazione degli spazi liberi*. Secondariamente la eventualità di *influenze di pendio* per la vicinanza di rilievi montuosi capaci di deviare dalla particolare traiettoria il vento dominante.

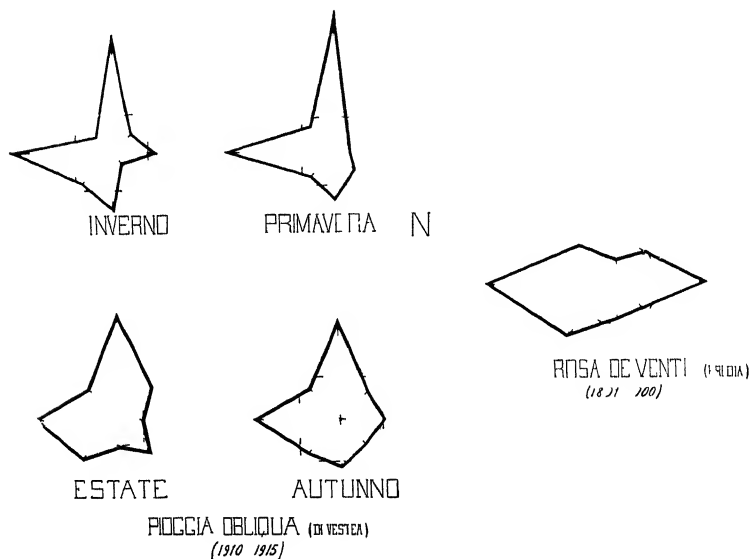
Della seconda eccezione offre un esempio veramente suggestivo la città di Pisa, con la sua giacitura al piede del Monte di S. Giuliano da una parte e dell'estremo lembo meridionale delle Alpi Apuane dall'altra, e trovandosi a una decina di chilometri o poco più dall'alto Tirreno, notoriamente battuto da venti burrascosi.

Le forti libecciate, per cui vedesi spesso l'Arno superficialmente increspato a nitroso, agitano sì fortemente l'ampia distesa di mare, che l'atmosfera diviene satura di acqua marina nebulizzata sopravvenendo allora la pioggia, portata dagli stessi venti, il pluviometro a quattro sezioni verticali intercetta le maggiori quantità di

¹⁾ Gli antichi costruttori dei famosi monumenti pisani ebbero l'intuito di fare diversamente la copertura delle due metà della cupola del Battistero essendo una esposta alle piogge da mare.

pioggia con limbuto rivolto verso nord, all'uscita del fiume Serchio dalla foce tra i due massicci montuosi. Il che non saprebbe intendere altrimenti, se non ammettendo che la corrente aerea da sud ovest o sud ovest, apportatrice di pioggia, urti contro il Monte Pisano e quindi si ripieghi per rovesciarsi di nuovo su Pisa come scendente per Valle di Serchio ma non pioggia fredda da nord, bensì pioggia tanto più atta a diffondere calore nell'ambiente — Meno favorevole, per simili *fenomeni di pendio* si presenta la dorsale delle Alpi Apuane, che si dirige tanto maggiormente verso nord ovest

Dimostra meglio che io non dica la rappresentazione grafica del fenomeno, in confronto con la locale *rosa de venti* data dall'Eredia (la quale è fondamentalmente a spese di rombi poco battuti dalla *pioggia obliqua*) — Analogo distacco mi fornirono le risultanze di due annate di osservazioni presso il *Camposanto monumentale* (fatte con particolare finalità). Erano due i *pluviometri differenziali* rispettivamente, nel recinto e sul tetto del loggiato a nord, che e quello con orizzonte più libero. In alto si ripeteva, anche più distintamente, il fenomeno descritto in basso avevasi atteggiamento affatto contrario obbligato dalla forma rettangolare dello spazio libero del recinto stesso



²⁾ V diagramma dove il cerchio e i quadrati in punteggiato indicano la quantità di pioggia caduta (pluviometro ordinario) le figure in linea continua forte danno idea della *pioggia obliqua* (pluviometri verticali orientali)

B — Altro fatto, di spiccato carattere locale, e la ricchezza de cloruri alcalini, elemento indice di piu spedita ricerca della presenza d'acqua marina

In mancanza di termini di confronto circa la *pioggia obliqua* prendo esempio da dati secondo la comune maniera di misura raccolti nei dintorni di Firenze, a Perugia e a Catania. Ne due primi luoghi si e potuto riscontrare 9 e 5 milligrammi, per litro, di cloruro sodico in Catania, battuta a preferenza da venti del II° Quadrante 8 milligrammi. A Pisa invece ho avuto 11 milligrammi come media d'un lunghissimo periodo, notandosi in singole osservazioni valori perfino da 20 a 50. E regolarmente le reazioni piu vistose verificano nelle prove d'acqua da sud ovest, da sud e da ovest.

Ho fatto ancora delle determinazioni di *residuo dell'evaporazione* seccato a 100°—110°, pesando successivamente l'aumento per ripresa dell'umidita all'aria del laboratorio durante 24 ore, e calcolando tale aumento come *indice di igroscopicita*. Ho ottenuto per media di 85 osservazioni 0.035 per mille, con la percentuale 0,65 di *igroscopicita* verificando valori singoli anche di 50 e 80 milligrammi e gradi *igroscopicita* perfino di 300 e 400‰. È interessante di notare in proposito che *non esiste parallelismo preciso tra salsedine e igroscopicita* cio che sta a conferma del concetto, essere acqua marina in sostanza ossia *integrale* quella che diciamo passi nebulizzata nell'aria. Di vero, data tale concezione, devono concorrere al grado igroscopico globale insieme con i cloruri alcalini, i solfati e i sali magnesiaci.

Ecco giustificata appieno l'antica volgare opinione, usa a considerare l'aria presso i litorali come *medicata*. Nelle marine pisane e lucchesi ben prima della propaganda del Barellai a favore dello Ospizio marino per le forme infantili della tubercolosi, erano in onore a pro dei bambini predisposti e infermici oltre al bagno, le *cure d'aria marina* affittandosi dai direttori d'ospedale delle umili capanne di pescatori. Ed e pur noto come si ricercava il soggiorno di Pisa da malati di petto, prima che vi fossero i Sanatori alpini.

Mi resta da aggiungere, che l'arricchimento dell'atmosfera in principi dell'acqua marina segue molto da vicino lo stesso regime locale delle piogge, le quali si ripartiscono nell'anno meteorologico (cominciato da dicembre) in ragione decrescente così:

autunno inverno primavera estate

Posto ad esempio 86 mm il valore medio mensile generale di un periodo piu che decennale, le medie stagionali si seguirono secondo i rapporti:

311 206 195 152

Donde e chiaro, che il periodo favorevole ai fatti sopra rilevati occupa centro i mesi invernali, gran parte dell'anno.

†

*

†

Per terminare con qualche considerazione d'ordine applicativo circa la cura climatica della tubercolosi, non deve mancare un semplice accenno all'altro importantissimo elemento, la *radiazione solare*. Per essa non posseggo studi regolarmente proseguiti³⁾, ma quale sia la spettanza di massima efficacia sanitario igienica si induce da queste due esperienze — Si può vedere da noi in Pisa anche d'inverno (soprattutto nelle ore del mattino) delle prove di latte non bollito o del suo siero, tinte con bleu di metilene *scolorarsi* in meno di 3" — che è come dire *istantaneamente*. D'altra parte, delle prove culturali in agar dentro recipienti di vetro sottile, fittamente seminate ad es di *B prodigioso* se si espongono al sole per 1½ a 3 ore (secondo ora e stagione) ricoperte da uno stampo di disegno in carta nera, e quindi si mettono in termostato per lo sviluppo delle colonie, danno delle eleganti *negative batteriologiche* (come potrebbesi chiamarle) del disegno medesimo.

E per le cose da me spiegate mi par lecita una riflessione.

In Italia siamo ben lontani ancora dal possedere (non ostante le leggi di fine guerra in riguardo della lotta antitubercolare) *Sanatori climatici* nel numero che sarebbe necessario, e i pochi organizzati *lege artis* si è preferito di costruirli in montagna, sulle Prealpi. Se agli albori della tisioterapia climatica della tubercolosi polmonare, *Biagio Gastaldi* di Torino e l'inglese *Bennet* pur esso medico non indarno chiesero salute l'uno ai monti di Lanzo e l'altro agli scogli di Mentone, non metterebbe conto di vedere che cosa può dare la *montagna solatra e boscosa specchiante nell'azzurro Tirreno*? E di simili posti a doppio effetto ne abbiamo nella stessa regione (cui si riferiscono su per giù le mie modeste osservazioni), come dissi, ricercatissima prima de' Sanatori dai tubercolosi forestieri e che dette tanta luce d'ispirazione poetica a *Byron* e *Shelley*!

E una domanda che mi vengo facendo, non solamente tra me e me da un quarto di secolo

³⁾ Mi propongo di farne dopo presa qui conoscenza diretta de' procedimenti interessantissimi del *Dorno*

La direction du vent en climatologie

Par M. *Louis Besson* Chef du Service météorologique de la Ville de Paris
Chef du Service climatologique de l'Institut d'hydrologie et de Climatologie du Collège de France

En climatologie on a souvent besoin de représenter par une brève notation la manière d'être d'un élément météorologique pendant un laps de temps déterminé.

On fait usage, à cet effet, de moyennes.

Au point de vue thermique par exemple on caractérisera un mois par sa température moyenne en faisant volontairement abstraction des oscillations que le thermomètre a effectuées autour de cette valeur.

Pour qu'une moyenne ait une réelle signification physique il faut qu'elle coïncide avec la valeur la plus fréquente de l'élément considéré. Il faut de plus que la fréquence des autres valeurs manifeste une diminution progressive et régulière de part et d'autre de la valeur moyenne.

Ces conditions sont approximativement satisfaites pour les éléments comme la *pression*, la *température*, la *vitesse du vent* etc. lorsque l'intervalle de temps considéré est un peu long, un mois par exemple.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne la direction du vent.

Pour cet élément dans le cas général on ne peut pas prendre la moyenne arithmétique mais la difficulté n'est pas là car on sait qu'en assimilant, avec *Lambert*, les fréquences des diverses directions à des forces concourantes proportionnelles que l'on compose comme en mécanique, on détermine une résultante dont la direction représente la moyenne cherchée.

Lorsqu'il s'agit d'une journée la *direction moyenne du vent* a d'ordinaire une signification physique satisfaisante, bien supérieure même à celle de la *température moyenne* car dans le cours d'une journée le vent oscille habituellement sans cesse autour de sa direction moyenne tandis que la température ne passe ordinairement par sa moyenne que deux fois et très rapidement, le matin et le soir.

Mais s'il s'agit d'un mois ou même d'une semaine les choses se présentent tout différemment. On constate qu'il y a presque toujours au moins deux directions ayant montré un maximum relatif de fréquence bien accusé. En coordonnées cartésiennes la courbe de fréquence des directions a une forme du genre de celle de la figure 1 qui

représente les résultats de 50 années d'observations à Montsouris (Paris) Il y a presque toujours deux maxima de fréquence et même parfois trois

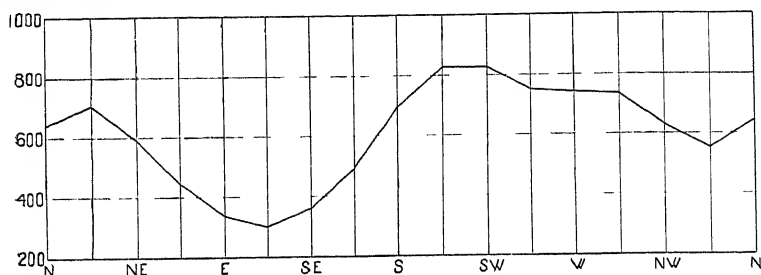


fig 1

Dans ces conditions la direction moyenne ou résultante de *Lambert* n'a aucun sens Elle correspond à une sorte de position d'équilibre entre les deux ou trois directions de maximum et peut très bien tomber précisément sur la direction la plus rare de toutes Il ne faut donc pas songer à représenter par une moyenne l'ensemble des observations de la direction du vent d'un mois comme on le fait pour la plupart des autres éléments météorologiques usuels

Il y a là un obstacle très gênant pour la climatologie Je m'y suis heurté récemment lorsque j'ai voulu résumer, en ce qui concerne la direction du vent nos cinquante premières années d'observations de Montsouris dans un mémoire qui fut en quelque sorte pendant à celui que j'avais consacré l'année dernière à la pluie

1

Je crois avoir surmonté la difficulté en utilisant une vieille notion, qui était presque encore bien oubliée mais que de brillants travaux ont récemment remise à la mode Je veux parler de la notion de *courants*

Un courant c'est un mouvement qui tend à s'effectuer dans une direction, non point quelconque mais bien déterminée On reconnaît qu'il y a courant lorsqu'une direction se montre nettement plus fréquente et, par suite plus persistante que les autres

Si nous nous reportons à la figure de tout à l'heure nous pourrions l'interpréter en disant Les vents à Montsouris forment trois courants, ayant respectivement les directions générales suivantes SSW NNE et WNW

En considérant, non plus l'année entière mais les différents mois nous allons mieux comprendre ce que cela signifie

Dans la fig 2 on a porté en abscisses les époques de l'année et en ordonnées les directions du vent Les courbes sont des lignes de gale fréquence Elles permettent par une interpolation facile de reconnaître quelle est à une époque quelconque de l'année la fréquence d'une direction de vent donnée On retrouve ici les trois maxima de fréquence ils atteignent des valeurs à peu près égales mais pas à la même époque

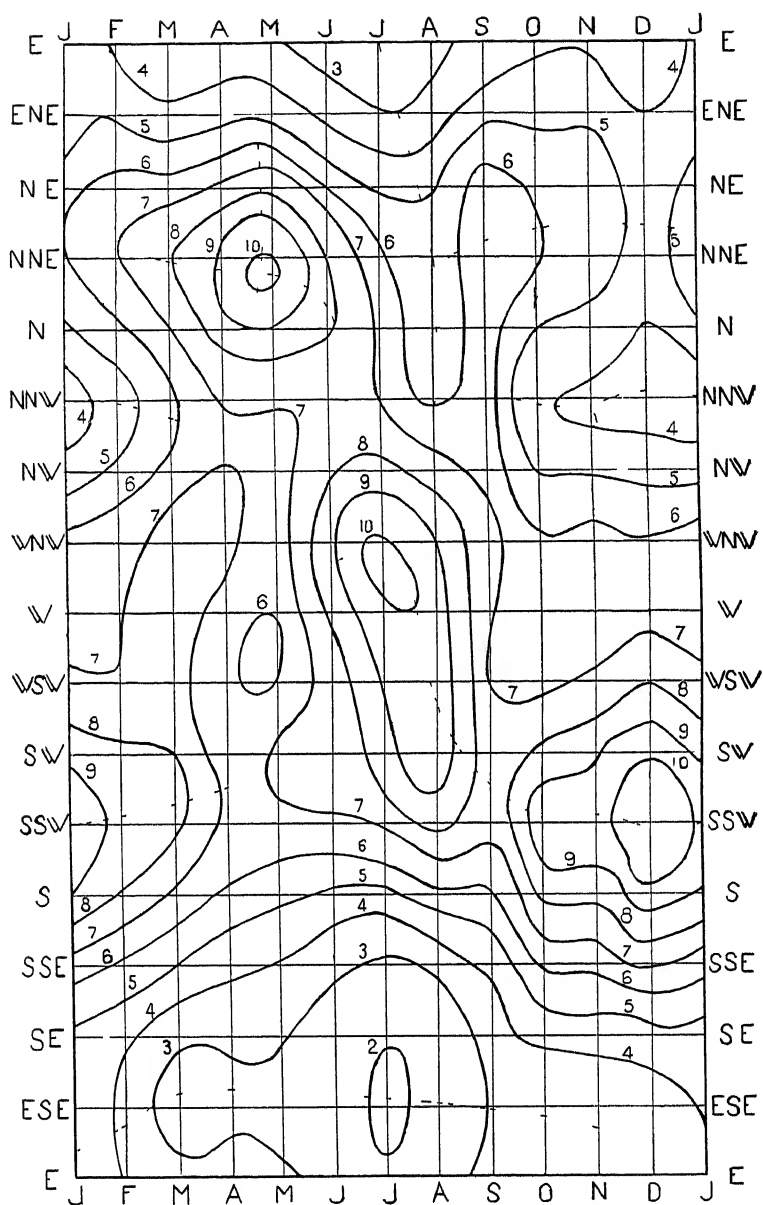


Fig 2

Le plus eleve de ces reliefs correspond a la direction SSW Son sommet est en decembre Un autre dans les mois de juillet et d'août forme comme une chaine du Sud Ouest au Nord Ouest Son point le plus haut correspond a une direction comprise entre W et WNW En troisieme lieu on remarque qu'a la direction NNE correspond presque toute l'annee une sur-elevation qui a sa cime principale en mai avec un mouvement secondaire en septembre

Quelle signification doit on attribuer a ces faits? Une comparaison va nous le faire connaître

Supposons que sur le plan d'une ville fréquemment et abondamment bombardée par avions on ait marqué les points de chute des bombes, qu'après avoir divisé le plan en carrés égaux on ait compté le nombre des bombes tombées dans chacun d'eux et enfin qu'on ait représenté les résultats par des lignes dont chacune corresponde a des nombres égaux de bombes

Si parmi ces lignes il en est qui sont fermées et concentriques autour de certains points où les bombes ont été beaucoup plus fréquentes qu'ailleurs, on ne manquera pas de reconnaître que chacun de ces points correspond a un établissement dont la destruction était particulièrement désirée par l'ennemi On peut dire que, dans une telle carte, tout maximum bien accusé de la cote révèle un but de l'ennemi

Le même raisonnement s'applique a la carte relative aux fréquences des différents vents dans le cours de l'année

Les grandes dénivellations qu'elle présente sont la preuve que la direction du vent n'est pas livrée au hasard Les choses se passent comme si la nature cherchait a réaliser certaines directions mais n'y parvenait que d'une façon plus ou moins imparfaite

Dans deux de ces trois directions privilégiées ou courants, on ne trouve de vieilles connaissances le *courant polaire* et le *courant équatorial* de Dove

Bien qu'ils n'eussent pas cessé d'exister et de presider aux changements de temps de la zone tempérée ils avaient disparu depuis plus d'un demi-siècle de la littérature météorologique, ou un mémoire de *Bjerknes* et *Solberg* les a récemment réintroduits

Le troisième courant que l'on constate a Montsouris, celui d'Ouest Nord Ouest, a un caractère moins général En été, où il est le plus fréquent, c'est une sorte de *monsoon* due a ce que le continent est plus chaud que l'océan

Étant donné que les vents se groupent en courants, il reste a savoir suivant quelle règle on devra en opérer le classement

Celui-ci comporte nécessairement un peu d'arbitraire Je ne puis entrer ici a ce sujet dans le détail, qu'il me suffise de dire qu'à la suite de divers essais je me suis arrêté au mode de groupement suivant Au *courant équatorial* ont été attribuées toutes les directions S, SSW et SW ainsi que la moitié des directions SSE et WSW

Au *courant polaire* toutes les directions N NNE et NE ainsi que la moitié des directions NNW et ENE

Sous le nom de *courant oceanique* toutes les directions W WNW et NW et la moitié des directions WSW et NNW

Restent les directions E, ESE et SE ainsi que la moitié des directions ENE et SSE. Pour que le tour d'horizon soit divisé en 4 secteurs égaux, ce qui m'a paru avantageux à certains égards, j'ai laissé ces directions à part en les groupant sous le nom de *vents continentaux* ou même pour la symétrie des notations sous celui de *courant continental*, bien qu'il n'y ait pas là à proprement parler, de courant.

Je tiens à faire remarquer que ce mode de classement des vents ne doit pas être appliqué sans discernement à une autre station, même voisine de Montsouris. On y retrouvera les trois courants mais ils pourront être un peu déviés par des causes locales et ne pas correspondre tout à fait aux mêmes directions. Dans chaque station, on doit régler le groupement des vents ou courants d'après la forme de la courbe de fréquence.

C'est aux résultats qu'on peut le mieux juger la valeur de cette sorte de synthèse.

La fig. 3 montre les variations mensuelles des quatre groupes de vents.

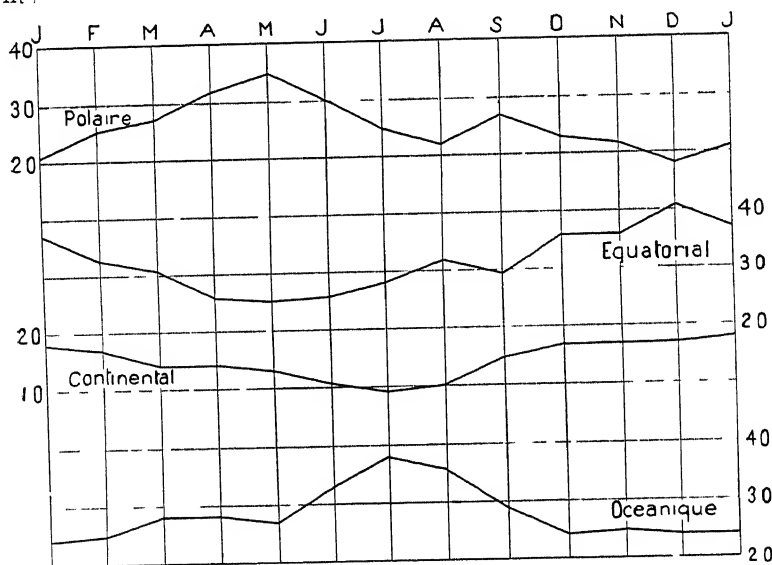


Fig 3

On voit que celles du courant polaire et du courant équatorial sont à peu près symétriques. On pourrait comparer ces courants à deux listes d'égale force qui gagnent et perdent tour à tour du terrain.

Le courant océanique et les vents continentaux varient eux aussi en sens inverse mais avec une symétrie moins parfaite

En outre, si, pour chaque mois, on calcule l'écart de la fréquence de chacun des quatre courants à sa normale déduite des cinquante années d'observations, les écarts relatifs au courant polaire et au courant équatorial sont 78 fois sur 100 de signes contraires. Pour le mois de juillet la proportion atteint même 84 pour 100. En ce qui concerne l'autre paire de courants, la proportion des écarts de signes contraires est en moyenne de 62 et ne dépasse en aucun mois 74 pour 100.

Puisque les vents se groupent naturellement en deux paires de courants antagonistes, il me semble qu'on en pourrait tirer un mode de représentation du régime des vents (ou plutôt de ses anomalies) au cours d'un mois, mode simple et néanmoins suffisant pour beaucoup de recherches.

Je représente les particularités du régime du vent de chaque mois par deux lettres ou par une lettre et un point.

La lettre de gauche est un P ou un E suivant que c'est le courant polaire ou le courant équatorial qui a régné le plus souvent.

La lettre de droite est un O ou un C selon que le courant océanique a été plus fréquent que le courant continental ou vice versa.

Une lettre majuscule en caractères penchés signifie que l'excès de fréquence du courant correspondant relativement à la normale a dépassé 50%. Les excès de 50 à 25% sont signalés par une majuscule ordinaire et les excès inférieurs ou égaux à 25% par une minuscule.

La présence d'un point indique qu'il y a eu déficit de fréquence pour l'un et l'autre courant.

Voici par exemple comment on peut rendre compte de la direction du vent à Montsouis mois par mois durant les cinq dernières années.

	1920	1921	1922	1923	1924
Janvier	<i>F</i>	EO	<i>O</i>	<i>e O</i>	<i>C</i>
Février	<i>C</i>	PC	<i>e o</i>	<i>E</i>	PO
Mars	EC	E <i>c</i>	P	PC	PC
Avril	<i>E o</i>	P	E <i>o</i>	EC	<i>e o</i>
Mai	EC	<i>e</i>	E <i>o</i>	<i>E o</i>	<i>E o</i>
Juin	<i>p</i>	P <i>o</i>	EO	<i>p O</i>	<i>p o</i>
Juillet	EC	P <i>o</i>	E <i>o</i>	<i>e c</i>	E <i>o</i>
Août	P <i>o</i>	<i>O</i>	E <i>o</i>	<i>o</i>	E <i>o</i>
Septembre	<i>e C</i>	<i>p O</i>	<i>e O</i>	EO	<i>E</i>
Octobre	PC	<i>O</i>	P	E <i>o</i>	E
Novembre	<i>p C</i>	PC	PO	<i>e</i>	<i>p c</i>
Décembre	P	<i>O</i>	E	<i>O</i>	EC

Ce mode de représentation permet de former pour la direction du vent des tableaux n'occupant pas plus de place que des tableaux de températures moyennes mensuelles et rend aisés les rapprochements entre le vent et les autres éléments climatiques.

Pour terminer qu'il me soit permis de présenter un résultat intéressant, obtenu en partant de la notion de courants

Par suite de certaines considérations dont on trouvera ailleurs l'exposé¹⁾ j'ai été conduit à calculer, 1° pour les mois de juin à octobre, 2° pour les mois de novembre à mai, le rapport de la hauteur de pluie au nombre d'observations du courant équatorial

La fig 4 fait voir comment a varié au cours d'un demi siècle ce rapport que j'appelle *capacité pluviale du courant équatorial*

Ce qui frappe dès l'abord dans ce graphique c'est le parallélisme presque parfait des deux variations saisonnières, parallélisme qu'on n'avait rencontré jusqu'à ce jour pour aucun élément météorologique. Si par exemple on traçait les courbes des variations de la température ou de la hauteur de pluie d'année en année pour chacun des deux semestres, ces courbes ne se ressembleraient en rien, et c'est fort regrettable car si elles manifestaient un parallélisme aussi bon que celui de la fig 4 on aurait la possibilité de prévoir la température ou la hauteur de pluie de la saison à venir.

Une telle prévision apparaît donc comme possible pour la capacité pluviale du courant équatorial.

De plus la fig 4 montre que ce facteur climatique présente très nettement une périodicité de 10 ans superposée à une variation de longue durée, caractérisée par le fait que le rapport considéré a oscillé depuis le début du siècle autour d'une valeur moyenne beaucoup plus forte qu'auparavant.

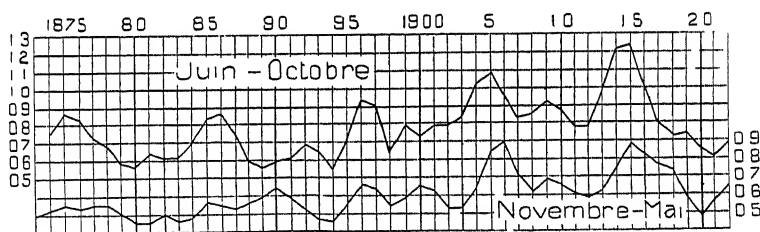


Fig 4

Je n'insiste pas pour le moment sur ce résultat, qui fait l'objet de recherches en cours et que je compte développer ultérieurement. Si j'en ai fait mention ici, c'est pour donner une preuve de la fécondité de la notion de courants, que les climatologues auraient intérêt à utiliser plus qu'ils ne le font actuellement.

¹⁾ Voir Comptes-rendus de l'Académie des Sciences T 180 p 1356

Die Feuchtigkeitswindrose von Helgoland

Von Prof Dr C Kaßner Berlin

In meiner Arbeit „Das Klima der Sommermonate in Norddeutschland“, die ich im Auftrage der Zentralstelle für Balneologie anfertigte und die in deren Veröffentlichungen (Band III Heft 7—10) 1919 erschienen ist brachte ich auch Windrosen der absoluten Feuchtigkeit (S 231—234). Während bei allen Stationen sich ergab, daß die höchste absolute Feuchtigkeit in Norddeutschland aus Südost bis Süd kommt, und die geringste aus West bis Nordost, zeigte Helgoland in den sechs Monaten Mai bis Oktober eine ganz auffällige Drehung von Ost im Mai über Süd bis West im Oktober für den Höchstwert und von Nordwest über Nord bis Nordost für den kleinsten Wert. Es schien mir lohnend, in gleicher Weise auch die übrigen Monate zu untersuchen. Das Ergebnis lege ich Ihnen heute vor.

Es ist schon von verschiedenen Seiten seit Jahrzehnten betont worden, daß neben der relativen Feuchtigkeit die ja im Grunde nur ein Verhältnis darstellt und zwar ein Verhältnis zweier absoluten Feuchtigkeiten, doch die absolute Feuchtigkeit selbst medizinisch wichtig sei, die überdies den Vorzug hat, daß sie ein wirkliches Maß ist, noch dazu, wenn man sie nicht mit dem fast gleich großen Dampfdrucke verwechselt. Im vorliegenden Falle der Ableitung einer Windrose ist das besonders zu beachten, weil uns der Wind unmittelbar nicht einen Dampfdruck, sondern eine Luft mit einer gewissen Wassermenge in Dampfform zuführt, die wir durch die absolute Feuchtigkeit ausdrücken.

Auf ihre Bedeutung für die Medizin brauche ich hier nicht einzugehen, es genügt, auf die Bücher „Deutsche Klimatik“ von Dove und Frankenhauser und „Geopsychische Erscheinungen“ von Hellpach hinzuweisen. Die besondere medizinische Literatur darüber ist ja schon ziemlich weitschichtig.

Abgeleitet wurden die hier mitgeteilten Werte aus den dreimal täglichen Beobachtungen der Jahre 1901—1910, indem zu jeder beobachteten Windrichtung der gleichzeitig bestimmte Wert der absoluten Feuchtigkeit geschrieben wurde. Da die hieraus berechneten

Mittelzahlen für die 16 Windrichtungen weniger übersichtlich waren habe ich sie auf 8 Richtungen in der meteorologisch üblichen Weise umgerechnet, indem z. B. der Nordzahl je die Hälfte der benachbarten NNW und NNO Zahl zugeschlagen wurde, ebenso der NO Zahl je die Hälfte der NNO und ONO Zahl usw. So entstand die folgende Tabelle

Tab 1 Windrose der absoluten Feuchtigkeit auf Helgoland (1901–10)

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	Stillen	Mittel
Januar	46	38	34*	34*	43	54	58	54	46	40	45
Februar	44	38	36*	41	46	52	54	50	44	45	45
Marz	47	44*	45	50	54	58	56	52	47	51	51
April	54*	56	59	64	66	64	61	55	54*	64	60
Mai	69	78	84	88	86	78	75	66*	69	86	78
Juni	93	103	104	108	102	99	92	90*	93	106	99
Juli	107	118	122	125	118	112	108	101*	107	118	114
August	106	112	116	123	120	116	112	102*	106	116	113
Sept	90*	97	96	102	109	109	102	92	90*	105	100
Okt	78	73*	74	80	92	92	91	82	78	95	83
Nov	61	49*	52	60	62	66	73	69	61	70	62
Dez	51	42	40*	43	52	58	64	63	51	51	52

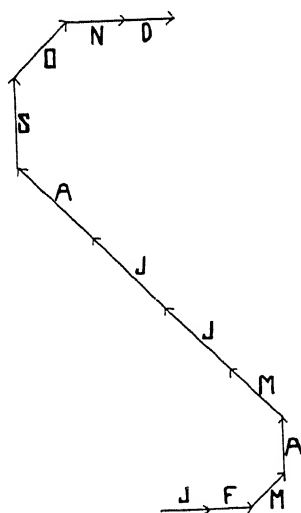
Tab 1 a Abweichungen vom Mittel

Januar	+01	-07	-11	-11*	-02	+09	+13	+09	+01	-05
Februar	-01	-07	-09*	-04	+01	+07	+09	+05	-01	00
Marz	-04	-07	-06	-01	+03	+07	+05	+01	-04	00
April	-06	-04	-01	+04	+06	+04	+01	-05	-06	+04
Mai	-09	+00	+06	+10	+08	+00	-03	-12*	-09	+08
Juni	-06	+04	+05	+09	+03	+00	-07	-09*	-06	+07
Juli	-07	+04	+08	+11	+04	-02	-06	-13	-07	+04
Aug	-07	-01	+03	+10	+07	+03	-01	-11*	-07	+03
Sept	-10	-03	-04	+02	+09	+09	-02	-08	-10	+05
Okt	-05	-10	-09	-03	+09	+09	+08	-01	-05	+12
Nov	-01	-13	-10	-02	+00	+04	+11	+07	-01	+08
Dez	-01	-10	-12*	-09	+00	+06	+12	+11	-01	-01

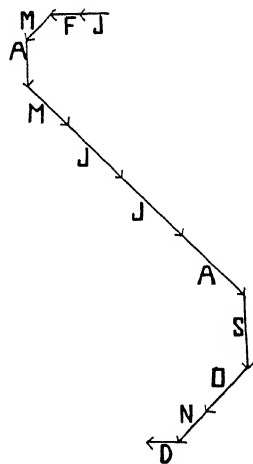
Durch den Druck sind die Höchst und Tiefstwerte oder die feuchtesten und trockensten Winde hervorgehoben. So genügt schon ein Blick, um den von mir bereits vor mehr als sechs Jahren in den Sommermonaten beobachteten regelmäßigen Gang dieser Grenzwerte auch in den Wintermonaten bestätigt zu sehen. Der Höchstwert wandert von dem Westwind im Januar über Süd nach Südost, wo er im Mai bis August bleibt, um dann wieder über Süd nach West im Dezember zurück zu drehen, ganz entsprechend, nur um rund 180° davon entfernt, also in der Windrose gegenüber, wandert

der Tiefstwert von Ost über Nord nach Nordwest und zurück über Nord nach Ost *An keinem Orte Deutschlands findet man einen so regelmäßigen Gang*

Hier kann man allerdings mit Recht den Einwand erheben daß die wahre klimatische Natur des Windes insofern nicht streng beobachtet ist, als z B ein Westwind auf Helgoland da die Windbahnen nie geradlinig sondern infolge des verschiedenen Luftdruckgefalles stets nach rechts oder links gekrümmt sind entweder aus NW oder SW kommen wird, ebenso ein Ostwind aus NO oder SO. Eine solche Unterscheidung ist sehr mühsam, ich möchte sie für eine Doktorarbeit empfehlen, wobei man dann auch auf die Windgeschwindigkeit oder den Windweg Rücksicht nehmen muß. An sich will man ja aber für Helgoland selbst zunächst nur wissen wieviel Feuchtigkeit bringt jeder Wind. Außerdem ist zu beachten daß dort jeder NW bis SW Wind stets ein Seewind und jeder NO bis SO Wind ein Landwind ist, jene feinere Unterscheidung also kaum allzuviel Neues aufdecken wird.



Feuchtester Wind



Trockenster Wind

Drehung des feuchtesten und trockensten Windes auf Helgoland

Um nun die erwähnte Drehung der Winde noch deutlicher zu zeigen habe ich sie zeichnerisch so dargestellt, daß ich zunächst den Höchstwert also den Wert des feuchtesten Windes des Januars als Strecke nach einer beliebigen Einheit und von einem beliebigen Punkte aus abtrug und zwar von links nach rechts, da er zu einem

Westwinde gehört (entsprechend den Landkarten, in denen W links, O rechts N oben, S unten ist) An den rechten Endpunkt setzte ich nach gleichem Maßstab und in gleicher Richtung den ebenfalls zu einem W Winde gehorenden Februarwert, daran unter 45° den aus SW herausgebrachten Marzwert usw. In gleicher Weise wurde das Drehen des Tiefstwertes (des trockensten Windes) gezeichnet. In diesen Zeichnungen tritt das entgegengesetzte und dabei fast parallele Drehen beider Grenzwerte schon hervor.

Der nachstliegende Gedanke, daß dieses auffällige Verhalten von der Häufigkeit der Winde veranlaßt wird, trifft nicht zu, wie die folgende Zusammenstellung der Häufigkeit aller Windrichtungen lehrt.

Tab 2 Häufigkeit der Windrichtungen auf Helgoland (1901—1910)

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Stille	Sturm- tage
Januar	18	14*	22	37	24	69	83	40	04	22
Februar	20*	22	31	21	30	64	52	36	07	17
Marz	27*	29	34	41	35	63	37	29	14	16
April	35	27	44	14 ¹	17	41	51	46	12	03
Mai	40	32	44	28	18*	33	50	47	23	03
Juni	50	27	38	16	12*	31	44	58	24	03
Juli	48	19	17	13	10*	40	69	74	27	01
Aug	31	11*	12	12	18	47	83	76	16	09
Sept	31	27	46	41	19*	32	38	45	21	08
Okt	21	18*	33	44	45	67	40	37	12	27
Nov	26	25*	29	34	31	59	47	43	07	29
Dez	18	17*	37	38	43	75	40	34	04	28

Abgesehen vom September, in dem in dem betrachteten Zeitraum östliche Winde ebenso häufig wie westliche waren, herrschen vielmehr in den anderen Monaten die SW bis NW-Winde vor, die für unsere Frage wenig von Bedeutung sind.

Um die eigenartigen Feuchtigkeitsverhältnisse Helgolands, die sich hierin kundtun, zu verstehen, muß man einerseits die Lage der Insel zur weiteren Umgebung berücksichtigen, andererseits aber auch die jeweiligen gegensätzlichen Warmeverhältnisse des Festlandes von Europa und des Meeres betrachten, wofür Tabelle 3 entworfen ist.

In den eigentlichen Spätherbst- und Wintermonaten November, Dezember, Januar und Februar führen die Westwinde die größte Wasserdampfmenge und die Ost bis Nordostwinde die kleinste herbei, weil dann im Westen das Meer verhältnismäßig viel wärmer als im Osten das Land ist. Dazu wehen westliche Winde (NW, W, SW) 1¹/₂ — 2¹/₂ mal häufiger als östliche (NO, O, SO) und bringen

der Insel eine größere Wärme und Wasserdampfmenge als in den anderen Gegenden Deutschlands, zumal auch die Stürme — alle aus West — in dieser Zeit besonders oft brausen. So erklärt es sich, daß *im November und Dezember Helgoland der warmste Punkt Deutschlands* ist, aber auch im Januar und Februar erreichen nur einzelne kleine Bezirke im Rheingebiet solche Mitteltemperaturen wie Helgoland. Diese Insel ist also im Winter der mildeste Ort Deutschlands. Dementsprechend hat Helgoland *im November und Dezember die höchsten Monatsmittel der absoluten Feuchtigkeit in Deutschland* und im Januar und Februar kommen ebenfalls nur vereinzelte Bezirke im Rheingebiet und Borkum ihr hierin gleich.

Tab 3 Luft und Wassertemperaturen (C°)

	Lufttemperatur							Meerestemperatur	
	Helgoland	Edinburg	London	Köln	Berlin	Köpen hagen	Oslo	Helgoland	Irland (NW)
Jan	15	32*	34*	19*	—07	—06	—44	37	85
Febr	14*	37	43	30	05	—04	—10	27*	79*
Marz	25	47	56	54	32	10	—14	30	79*
April	56	71	89	94	76	56	44	51	86
Mai	98	98	121	137	132	105	105	84	100
Juni	133	131	157	169	167	150	155	126	118
Juli	154	146	173	182	180	166	170	155	134
Aug	156	142	167	176	170	159	159	172	145
Sept	142	122	142	147	138	128	110	162	136
Okt	103	84	99	103	88	81	55	130	126
Nov	62	52	61	60	38	35	01	93	110
Dez	31	37	40	29	07	05	—36	64	98

Im März, wo die Wärme des Meeres immer noch überwiegt, ebenso aber auch die Häufigkeit der SW Winde, kommt die größte Wasserdampfmenge entsprechend aus SW, die geringste aber aus NO und nicht mehr aus O und SO, weil nun SO Winde schon aus dem sich langsam erwärmenden Südosteuropa wehen. Im April aber gleichen sich Wasser und Landtemperatur schon fast ganz und deshalb machen sich die wärmeren südlichen (SO S, SW) Winde jetzt geltend und übernehmen die Höchstmenge, während die N Winde aus dem allein noch kalten Nordeuropa die geringste Wasserdampfmenge herbeiführen.

In den Monaten Mai bis August ist das Weltmeer auch noch kälter als das Land, und deshalb sind die warmen südöstlichen Landwinde (O, SO, S) nun die führenden, wogegen die kühlen nordwestlichen Meerwinde nur wenig Feuchtigkeit mit sich führen. In den folgenden Herbstmonaten macht sich dann die sommerliche

Aufspeicherung der Wärme im Meere geltend, während das Land durch Ausstrahlung erkaltet. Demzufolge übernehmen nun wieder die S und SW Winde und schließlich im November die W Winde die Rolle des feuchtesten Windes, und gleichzeitig wird der NO und später der O Wind der trockenste.

So sehen wir in Helgoland eine einzigartige Drehung der Feuchtigkeitswindrose. Kein anderer Ort in Mitteleuropa zeigt so regelmäßige, d. h. ungestörte Verhältnisse, weil keiner eine so gleichmäßige Umgebung besitzt — eine für die Beurteilung des Klimas von Helgoland in gesundheitlicher Hinsicht beachtenswerte Tatsache.

Der Trübungsgrad der Atmosphäre als klimatischer Faktor

Von Prof. Dr. *Franz Linke* Frankfurt a. M.

Um die Wirkung der Sonnenstrahlung auf Mensch, Tier und Pflanzen zu erkennen und therapeutisch zu verweisen muß man nicht nur die Intensität der Sonnenstrahlung sondern auch spektrale Zusammensetzung kennen. Beide zeigen zeitliche und ihre regionale große Veränderlichkeit so daß dem Arzte der die natürliche Sonnenstrahlung dosieren will noch unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege stehen. Intensität und Zusammensetzung der Sonnenstrahlung hängen ab von geographischer Breite Meereshöhe Jahreszeit Tageszeit, Wasserdampfgehalt und Dunstgehalt der Luft. Wasserdampf und Dunstgehalt der Luft mußten bis zu großen Höhen hinauf bekannt sein wenn man ihre Wirkung auf Intensität und Verteilung der Sonnenstrahlung rechnerisch ermitteln wollte.

Seit Jahren bin ich bemüht einen Begriff einzuführen der physikalisch gut definiert und leicht zu ermitteln ist und der die Wirkungen der genannten meteorologischen Variablen in sich vereinigt. Es ist der *Trübungsgrad der wolkenlosen Luft*. Wenn man diesen für jede Gegend nach Jahreszeit und Tageszeit durch Messungen bestimmt hat, wird die Dosierung der natürlichen Sonnenstrahlung wesentlich vereinfacht sein.

Es läßt sich berechnen wie groß die Intensität der Sonnenstrahlung bei irgendeinem beliebigen Sonnenstrahl sein mußte, wenn die Extinktion, also die Schwächung der Sonnenstrahlung, allein durch diffuse Reflexion an den Gasmolekülen gemäß den theoretischen Entwicklungen von Lord *Rayleigh* geschehe, und zwar als Integralwert über das ganze Sonnenspektrum. Diese so definierte Schwächung des Sonnenlichtes entspricht der Formel

$$J_m = J_0 \cdot e^{-a_m m} \quad \text{wo } J_0 \text{ die Solarkonstante } J_m \text{ die Gesamtintensität der Sonnenstrahlung nach Durchgang durch eine } m \text{ fache Atmosphärendicke ist}$$

Die durch die Größe a_m bestimmte Extinktion einer idealen Atmosphäre definiere ich als *Einheit des Trübungsgrades* wolkenfreier Luft der Atmosphäre und konnte in einer Abhandlung vom

Jahre 1922 zeigen, daß die Extinktion an irgendeinem Orte und bei irgendeinem beliebigen Sonnenstande, durch eine nicht ideale, also mit Wasser und kleinen trübenden Teilchen kolloidaler Form erfüllte Atmosphäre definiert ist durch ein Vielfaches des in der Formel 1 auftretenden Extinktions-Koeffizienten a_m und daß dieses Vielfache — ich bezeichnete den Faktor mit T — in hohem Maße unabhängig ist vom Sonnenstande sofern man nur die Luftmasse auf den Luftdruck von 760 mm reduziert

Die neue Extinktionsformel lautet also

$$J_m = J_0 \cdot e^{-a_m \cdot T \cdot m}$$

Man hatte bisher die Schwächung der Sonnenstrahlung vielfach dadurch zu bestimmen gesucht, daß man den sogenannten Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre $q = e^{-a}$ berechnete, also die mte Wurzel aus dem Verhältnis der beobachteten Strahlungsenergie zu der extraterrestrischen und hatte auf diese Weise schon festgestellt, daß nachmittags die Schwächung der Sonnenstrahlung gewöhnlich stärker ist als bei gleichem Sonnenstande vormittags konnte aber deshalb nicht einen Vergleich der Schwächung bei verschiedenem Sonnenstande und verschiedenen Meereshöhen vornehmen weil — wie längst allgemein bekannt ist — der Transmissionskoeffizient bei hochstehender Sonne größer ist als bei niedrig stehender. Diese Tatsache erklärt sich damit, daß die hochstehende Sonne mehr kurzwellige Strahlung enthält, die eine stärkere Schwächung erfährt als die langwellige, wie ja allein schon aus der Färbung der Sonne zu entnehmen ist die mittags weiß und abends rot ist. Die im Winter gemessenen Transmissionskoeffizienten sind daher nicht mit denen im Sommer gemessenen zu vergleichen und die in tropischen Ländern nicht mit denen in Polarregionen. Die Einführung des Trübungsfaktors der weiter nichts sagt als *wie viele ideale Atmosphären zusammen genommen die gleiche Extinktion ergeben würden wie die je weilig vorhandene trübe und feuchte* macht also eine vergleichbare Beobachtung des auf der Extinktion einer idealen Atmosphäre aufgebauten Trübungsgrades möglich ob die Messungen nun im Hochgebirge oder in der Ebene, am Abend oder am Mittag, am Äquator oder am Pol erfolgen. Durch diese Definitionen des Trübungsfaktors als Vielfaches des Extinktionskoeffizienten einer idealen Atmosphäre ist also ein wesentlicher Fortschritt erzielt worden, ohne daß dabei irgend etwas vorausgesetzt wird über die Art, wie die Schwächung der Strahlung in der Atmosphäre vor sich geht. Es sind ja 3 verschiedene Prozesse welche die Lichtschwächung in der Atmosphäre hervorrufen zunächst die schon genannte diffuse Zerstreuung des Lichtes an den Molekülen oder — wie wir neu hinzufügen können — an den kleinen Trübungspartikelchen soweit sie molekulare Größenordnung haben. Diese diffuse Reflexion erfolgt umgekehrt

proportional der 4. Potenz der Wellenlänge und bewirkt die Blaufärbung des Himmels, 2. wird die Sonnenstrahlung geschwächt durch Absorption des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes, aber nur in bestimmten Teilen des Spektrums hauptsächlich im roten und ultraroten Spektralbereiche. Als dritte wichtige Schwächung der Strahlen kommt die teilweise Reflexion der Sonnenstrahlung an großen Teilchen hinzu, die gleich oder größer sind als die Wellenlänge des Lichtes, also einen Durchmesser von mehr als $1/3000$ mm haben. Die Schwächung ist umgekehrt dem Quadrat der Wellenlänge. Alle diese drei Arten von Strahlungsschwächung sind in dieser Definition des Trübungsgrades gemeinsam enthalten und es bedurfte erst weiterer Forschungen, diese drei Wirkungen voneinander zu trennen.

Tabelle 1
Monatsmittel des Trübungsfaktors

Ort	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
Davos	1.49	1.75	1.84	1.79	2.05	2.14	2.30	1.92	1.84	1.74	1.68	1.61	1.85
Arosa	1.34	1.35	1.50	1.61	1.81	1.84	1.83	1.73	1.59	1.51	1.34	1.33	1.57
Riezler (Allgäu)	1.55	1.84	2.08	2.19	2.32	2.44	2.56	2.33	2.02	1.99	1.90	1.81	2.09
Agra	1.60	1.43	2.19	2.22	2.47	2.56	3.08	2.60	2.23	1.84	1.78	1.65	2.14
Taunus Obs.	1.38	1.68	2.45	2.34	2.58	2.92	2.68	2.56	1.97	1.66	1.42	1.33	2.10
Frankfurt M.	3.55	3.67	3.55	3.28	3.40	3.75	3.93	3.80	3.50	3.10	2.96	3.22	3.48
Potsdam	1.83	1.96	2.22	2.22	2.35	2.48	2.61	2.88	2.48	2.35	1.96	2.08	2.05
Kolberg	2.26	2.24	2.02	1.96	2.00	2.44	3.02	2.79	2.20	2.26	2.23	2.26	2.31
Pawlowsk	1.54	1.66	1.60	1.99	2.12	2.26	2.32	2.31	2.24	1.93	1.72	1.47	1.93
Upsala	1.53	1.79	1.75	1.81	1.99	2.01	1.93	1.83	1.83	1.64	1.53	1.50	1.76

Lassen Sie mich zunächst Ihnen vorführen, welche Ergebnisse die Untersuchungen über die zeitliche und regionale Verteilung des Trübungsgrades bisher vorliegen. Die Tabelle 1 gibt die monatlichen Mittelwerte des soeben definierten Trübungsgrades für 10 europäische Stationen. Wir erkennen

1. Daß die nördlichen Stationen Pawlowsk und Upsala weit geringere Trübungsgrade haben als die zentraleuropäischen Stationen der Ebenen.

2. Daß die Hochgebirgsstationen Davos und Arosa besonders im Sommer geringere Trübung aufweisen als die mittelhohen Stationen Taunus-Observatorium und Allgäu.

3. Daß die mittelhohen Stationen erheblich günstiger gestellt sind als die Großstadt Frankfurt a. M. und auch günstiger als Potsdam und Kolberg.

Als Mittelwert der Trübung auf dem europäischen Kontinent kann man 2,25 annehmen, was bei Zenithstand der Sonne dem Transmissionskoeffizienten 0,75 entspricht. Man vergleicht die Strahlungsverhältnisse zweier Stationen und Monate durch die *Differenzen* des Trübungsfaktors. So findet man im Sommer Trübungsfaktoren, die 0,5 und 1,5 größer sind als im Winter. Am kleinsten ist der Unterschied in der Großstadt Frankfurt am größten auf dem Gipfel des 800 m hohen Taunusganges.

Wie schon gesagt, wird der Trübungsfaktor stets auf eine Luftmasse bezogen, die gleichviel Gasmoleküle besitzt wie eine vertikale Luftsäule von 760 mm Quecksilberdruck. Da nun die Hochgebirgsstationen einen geringen mittleren Barometerstand aufweisen, darf man die Wirkung der Trübung auf die Intensität der Sonnenstrahlung nicht unmittelbar aus den genannten Trübungsfaktoren abschätzen, sondern muß das Produkt zwischen Trübungsfaktor und dem mittleren Barometerstand als Vergleichsmaß benutzen. Dadurch ergeben sich für Divos und Arosa um zirk. 20 % günstigere Verhältnisse.

Auf einer Reise durch den Atlantischen Ozean nach Argentinien stellte ich fest, daß in Passatzonen der Trübungsfaktor im Winter 2,1 bis 2,2, im gemäßigten Klima 2,3 bis 2,6 herrschte, am Äquator selbst fand ich 2,9. Nur in der Nähe der Kap Verdischen Inseln, wo die Luft durch den Staub der Sahara getrübt ist, wurden Trübungsfaktoren zwischen 4 und 5 angetroffen. Außergewöhnlich reine Luft fand sich in ganz Argentinien, insbesondere in den Anden, wo mit dem Trübungsfaktor 1,2 bis 1,4 der ideale Zustand der Atmosphäre fast erreicht wurde. Bekanntlich ist die Luft in Argentinien sehr staubfrei und in der Höhe außerordentlich trocken.

Von großem Interesse ist die *tagliche Schwankung* des Trübungsfaktors. In den Vormittagsstunden steigt er stark an wie Tabelle 2 für das Taunus-Observatorium zeigt, und erreicht in den

Tabelle 2
Täglicher Gang des Trübungsfaktors am Taunus Observatorium

	4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂	9 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	11 ¹ / ₂	12 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂
Winter				1,40	1,41	1,48	1,54	1,56	1,58	1,55	1,51	1,46	1,42			
Frühling			2,31	2,30	2,34	2,37	2,41	2,44	2,44	2,43	2,42	2,40	2,39	2,38	2,37	
Sommer	2,40	2,44	2,46	2,48	2,52	2,55	2,60	2,64	2,69	2,75	2,82	2,88	2,89	2,86	2,78	2,68
Herbst			1,63	1,61	1,64	1,67	1,71	1,76	1,80	1,86	1,93	2,01	2,04	1,97		

ersten Nachmittagsstunden sein Maximum, das die 24stündigen Mittelwerte der Trübung um 20 bis 25 % übersteigt. Abends nimmt er schnell ab und erreicht in den frühen Morgenstunden sein Minimum, so daß man unbedenklich die Werte in der Nacht interpolieren kann, obgleich dafür keine Messungen vorliegen. Hervorgerufen werden diese täglichen Schwankungen durch die vertikale Durchmischung,

die an heiteren Sommertagen bis zu 2500 m hinaufreichen kann. Sie ist im Gebirge besonders stark, weshalb wir auch auf dem Gipfel des Taunus besonders starke tägliche Schwankungen der Trübung finden. Dieses war auch in Agra der Fall.

Im Winter liegen die deutschen Mittelgebirgsgipfel über der Dunstschicht und zeigen infolgedessen nur geringe Schwankungen und außerordentlich niedrige Trübungsgrade. Man muß sich die Wirkung der vertikalen Durchmischung so vorstellen, daß die aufsteigenden Luftmassen, die sich ja dynamisch abkühlen müssen, ihren Sättigungspunkte nahe kommen und die stets in der Luft vorhandenen Dunstkerne durch Anlagerung von Wasserdampfmolekülen anwachsen. Theoretische Überlegungen machen es wahrscheinlich, daß die Lichtschwächung mit der 6. Potenz des Durchmessers der trübenden Teilchen parallel geht.

Gute Beziehungen ergaben sich zwischen der Blaufärbung des Himmels und dem Trübungsgrad. Auf meiner Argentinienreise hatte ich eine vom *Oswald* sehen Laboratorium hergestellte Blaukala mitgenommen, die zwischen weiß und ultra marin in gleichmäßiger Abstufung 8 Farbtöne enthielt. Man konnte danach bequem 16 Abstufungen schätzen. Weiß bezeichne ich mit 1 und ultra marin mit 14. Auf der bolivianischen Hochebene beobachtete ich die Farbskala 12, also nahezu ultra marin bei einem Trübungsfaktor 1,2; im Dunkelmeer oft nur die Farbskala 2, also fast weiß bei einem Trübungsfaktor 5. Das Mittel in der norddeutschen Tiefebene wurde etwa Farbskala 4—6 ergeben. In der bolivianischen Hochebene war die Luft so rein, daß man wenn man die Sonne bei ausgestrecktem Arm mit dem kleinen Finger abdeckte, rechts und links den tiefblauen Himmel hatte, während man in Frankfurt a. M. normalerweise die doppelte Handbreite braucht, das sind 20°, um den sich um die Sonne bildenden hellen Schein abzudecken. Die tägliche Periode der Lufttrübung war jedoch mit der Farbskala nicht mehr festzustellen. Insofern ist die Einführung des Trübungsfaktors gegenüber dem von *de Saussure* vorgeschlagenen Gynometer ein wesentlicher Fortschritt.

Außer der direkten Strahlung der Sonne stehen wir noch unter dem Einfluß der Strahlung des Himmels. Das ist eine indirekte Sonnenstrahlung, die dadurch hervorgerufen wird, daß die Gasmoleküle der Atmosphäre zu selbständigen Lichtquellen werden. Diese Strahlung ist jedoch etwas anderer Art als die direkte Sonnenstrahlung. Sie entsteht durch Schwingungen der Moleküle, die nicht nach allen Seiten gleichmäßig verlaufen, sondern in denen bestimmte Richtungen bevorzugt sind. Man nennt solches Licht „polarisiert“. Wie die spezifische Wirkung des polarisierten Lichtes auf den Organismus ist, darüber liegen endgültige Erfahrungen noch nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, daß Wirkungen vorhanden sind. Insofern ist es auch für den Arzt von Bedeutung zu wissen, daß die Polarisation große um so kleiner ist, je größer die Zahl und Größe der in der Luft

suspendierten Staubchen ist Die *Milch* in Frankfurt gelang es, hier für eine Definition zu finden, nämlich den sogenannten Depolarisationsfaktor“, der zeigt, um wieviel die Polarisationsgröße einer idealen Atmosphäre durch Trübungen herabgesetzt wird. In folge der Tabelle 4 wird die naturgemäß vorhandene Beziehung dieses Depolarisationsfaktors zum Trübungsgrad der Atmosphäre bestimmt

Tabelle 3

Abhängigkeit des Depolarisationsfaktors des Himmelslichtes vom Trübungsgrad

Trübungsgrad T =	1	2	3	4
Depolar. Faktor D =	0,20	0,51	0,82	1,12

Leider liegen noch keine Messungen vor über die Abhängigkeit der Intensität des gesamten Himmelslichtes vom Trübungsgrad in folge der technischen Schwierigkeiten die den Messungen im Wege stehen. Ich hoffe jedoch, später über diese Abhängigkeit der Intensität des Himmelslichtes vom Trübungsgrad berichten zu können.

Das Strahlungsklima eines Ortes leitet man bisher aus den Messungen der Intensität der *direkten* Sonnenstrahlung ab. Da dieses Strahlungsklima, abgesehen von der geographischen Lage eines Ortes, nur noch von meteorologischen Faktoren abhängt, nämlich dem Trübungsgrad der wolkenfreien Luft und dem Bewölkungsgrad, ist es möglich, mit Hilfe des Trübungsgrads und den Werten der Sonnenstrahlung das Strahlungsklima zu definieren. Rechnerische Überlegungen zeigten, daß die geographische Breite eines Ortes auf die mittlere Strahlungssumme des Jahres in Europa einen Einfluß von etwa 1 % pro Breitengrad hat und die Meereshöhe für 100 m etwa 1/2 % alles bei mittlerem Trübungsgrad berechnet. Dagegen bewirkt eine Änderung des Trübungsgrads um eine Einheit schon eine Änderung von 17 %, wie beifolgende Tabelle 4 die für 50° geographische Breite berechnet ist, erkennen läßt. Natürlich muß außerdem noch der Bewölkungsgrad berücksichtigt werden, der ja die eigentliche Ursache ist, daß die Alpen gegenüber den deutschen Mittelgebirgen strahlungsklimatisch so bevorzugt sind.

Tabelle 4

Tagessummen der Sonnenstrahlung bei verschiedenen Trübungsgraden unter 50° N. Breite

	T = 1	2	3	4
Juni	1400	1115	910	765 kcal pro qcm
Dezember	485	325	225	165
Jahresmittel	1000	765	595	480

Am Trausnitzobservatorium haben wir seit Jahren für jeden heiteren Tag den mittleren Trübungsgrad berechnet und so einen *Trübungs-kalender* angelegt. Dadurch konnten wir weitgehende Be-

ziehungen des Trubungsfaktors sowohl zum augenblicklichen wie zum künftigen Wetter finden Wetterprognosen auf Regen die allein auf die Zu- und Abnahme des Trubungsfaktors basiert wurden, hatten Treffsicherheiten bis über 80 %. Das Herannahen einer barometrischen Depression macht sich nämlich schon 1 bis 2 Tage vorher durch auffällige Zunahme des Trubungsgrades der wolkenlosen Luft bemerkbar. In Hochdruckgebieten betrug der mittlere Trubungsfaktor am Taunusobservatorium etwa 1.8, in Tiefdruckgebieten dagegen 3. Dies erklärt sich nicht nur aus der Wirkung des hohen Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre, der Sonnenstrahlen teilweise absorbiert, sondern noch mehr aus Bildung dem Auge noch nicht erkennbarer Tropfchen von weniger als $\frac{1}{1000}$ mm Durchmesser. Diese bilden sich infolge der hygrokopischen Natur der Kondensationskerne in der Atmosphäre, noch ehe die relative Feuchtigkeit den Sättigungsgrad erreicht hat.

Den Einfluß des Wasserdampfes auf den Trubungsfaktor kann man einerseits theoretisch, andererseits aus den Beobachtungen ableiten. Die theoretischen Ueberlegungen geben einen geringeren Einfluß des Wassergehaltes, der übrigens auch in den staubfreien Gegenden Argentiniens empirisch festgestellt werden konnte. In Europa fanden wir eine fast vierfach größere Abhängigkeit des Trubungsfaktors vom Wassergehalt, was offenbar auf die eben erwähnte trübende Wirkung der ultramikroskopischen Tropfchen zurückzuführen ist.

Näher auf diese interessanten Beziehungen einzugehen wurde hier zu weit führen. Ich muß auf eine im nächsten Bericht des Meteorologisch-geophysikalischen Instituts zu Frankfurt a. M. erscheinende Abhandlung verweisen.

Hingegen wird die Wirkung der 3 verschiedenen Trubungsursachen in der Atmosphäre, nämlich der diffusen Zerstreuung einer Moleküle, der Absorption des Wasserdampfes und der Reflexion und Beugung an den festen und flüssigen Bestandteilen der Atmosphäre durch folgende Tabelle anschaulich gemacht. Die Wirkung der diffusen

Tabelle 5
Anteile der drei trübenden Wirkungen am Trubungsfaktor
am Taunus Observatorium

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
Diffuse Zerstreuung d. Moleküle	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Absorption d. Wasserdampfes	0.12	0.14	0.15	0.15	0.22	0.27	0.29	0.28	0.24	0.20	0.14	0.13	0.19
Dunst	0.26	0.54	1.35	1.19	1.36	1.65	1.39	1.28	0.73	0.46	0.28	0.20	0.91
Trubungsfaktor	1.38	1.68	2.50	2.34	2.58	2.92	2.68	2.56	1.97	1.66	1.42	1.33	2.10

Zerstreuung durch die Moleküle ist gemäß der Definition des Trubungsfaktors stets gleich 1. Die Absorption des Wasserdampfes wurde am Taunusobservatorium nur den Trubungsfaktor um 0,1 bis 0,3 erhöhen. Die starke Zunahme der Trubung in den Sommermonaten kommt also zum überragenden Teil auf Rechnung des Dunstes und der aus ihm sich bildenden feinsten Elementartropfchen. Man sieht sofort, daß auch, wie ich schon vorher ausführte, die starke tagliche Schwankung des Trubungsfaktors ausschließlich auf Rechnung des Anwachsens trübender Teilchen zu setzen ist. So führen die Untersuchungen des Trubungsfaktors mit Notwendigkeit dazu, die Atmosphäre vom Standpunkt der Kolloidchemie anzusehen, und wir werden auf diesem Gebiet der „kolloidmeteorologischen“ Untersuchungen gewiß noch manche weitere Fortschritte machen, die uns die Anwendung der höchst verwickelten Gesetze der atmosphärischen Strahlung in ihrer Wirkung auf den tierischen und den pflanzlichen Organismus erleichtern wird. Der Trubungsfaktor wird hier von ganz besonderer Bedeutung werden. —

Die guten Erfahrungen, die wir mit der Einführung des Trubungsfaktors für die gesamte direkte Sonnenstrahlung gemacht hatten, drängten von selbst dazu, auch einen *Trubungsfaktor für ein kleine Spektralgebiete* zu berechnen, was in derselben Weise geschehen konnte, wenn man nämlich die Intensität der Sonnenstrahlung bei idealer Luft und bestimmter Wellenlängen mit einem dem Filter entsprechenden Wirkungsfaktor multipliziert. Die Sache hat natürlich einige Schwierigkeiten und erfordert große Vorsicht, weil die drei vorher genannten strahlungsschwächenden Ursachen in verschiedenen Spektralbereichen verschieden auftreten.

Am unbedenklichsten ist die Berechnung eines partiellen Trubungsfaktors für den *optischen* Spektralbereich, also für astronomische Helligkeitsmessungen sowohl der Sonne als auch der Sterne. Bisher halfen sich die Astronomen damit, daß sie für jeden Stern mittlere Extinktionstabellen berechneten, um die Helligkeit der Sterne auf den Zenithstand zu reduzieren. Bei den großen Schwankungen, denen nach unseren Erfahrungen die Extinktion unterworfen ist, müssen solche mittleren Extinktionstabellen Fehler verursachen. Es wurde jedoch sehr leicht sein, für jeden Beobachtungstag den jeweiligen optischen Trubungsfaktor zu bestimmen, wodurch die Helligkeitsmessungen an Genauigkeit sehr gewinnen würden.

Wird die Helligkeit auf photographischem Wege gemessen, so kann derselbe Weg eingeschlagen werden. Hier haben wir aber schon Vorgänge gesammelt, denn der Empfindlichkeitsbereich der photographischen Platte ist etwa der gleiche wie der der Natrium-Photocelle. 4-jährige Beobachtungen des Taunusobservatoriums sind hier über schon veröffentlicht. In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit hat Herr Dr. W. Hartmann auch die Trubungsfaktoren für den Bereich der Natriumzellen berechnet und gefunden, daß die Trubung in diesem kurzwelligen Spektralbereich fast unabhängig vom Wasser

dampfgehalt ist. Das war auch zu erwarten, weil sich in diesem Spektralbereich keine Wasserdampfabsorptionsbanden befinden. So haben wir also in dem partiellen Trübungsfaktor für die Natriumzelle einen Wert für die durch „Aerosole“ — das sind feste oder flüssige Teilchen, die in der Luft schwimmen — hervorgerufene Trübung. Dr. *Hartmann* findet in erster Linie eine Abhängigkeit dieses kurzwelligen Trübungsfaktors von der Windrichtung. Nordostwind hat den größten Trübungsfaktor 1,78, Westwind den kleinsten 1,38, was ohne weiteres verständlich ist, weil die kontinentalen Nordostwinde mehr Dunst enthalten als die maritimen Westwinde. Dr. *Milch* hatte für die Gesamtstrahlung gerade das Gegenteil gefunden. Wenn aber Dr. *Hartmann* ähnliche Abhängigkeiten des kurzwelligen Trübungsfaktors von der Wetterlage findet wie sie Dr. *Milch* für den Trübungsfaktor des Gesamtspektrums gefunden hat, so heißt das nichts anderes als daß in beiden Fällen nicht der Wasserdampfgehalt sondern die Zahl und Größe der Dunsttröpfchen für eine bestimmte Wetterlage charakteristisch ist. Tabelle 6 zeigt noch die Monatsmittel des Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung.

Tabelle 6
Monatsmittel des Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung
am Taunus Observatorium

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
1,07	1,24	1,80	1,75	1,65	1,65	1,83	1,76	1,50	1,46	1,23	1,12	1,51

Für die Klimatologie ist von Bedeutung, daß die Tropensonne trotz großer Gesamtleistung doch relativ reichlich in kurzwelliger Strahlung ist als die Sonne der gemäßigten Zone, weil durch die großen Regenmengen der Dunst zur Erde befördert wird. Es soll hier gleich eingeschoben werden, daß das rote und ultrarote Licht wegen der bekannten Wasserdampfabsorption im langwelligen Spektralbereich in den Tropen besonders geschwächt ist, so daß die Tropensonne aus beiden Gründen blauer ist und deshalb naturgemäß andere physiologische und biologische Wirkungen ausüben muß.

Die untersten dunsterfüllten Schichten der Atmosphäre schwächen gerade diese kurzwellige Strahlung recht bedeutend. Das Taunusobservatorium das Frankfurt a. M. um 700 m überragt, hat im Mittel einen um eine ganze Einheit niedrigeren Trübungsfaktor für kurzwellige Strahlung.

Auf weitere Gesetzmäßigkeiten des partiellen Trübungsfaktors für kurzwellige Strahlung einzugehen, muß ich mir hier versagen. Es wird jedoch die Zeit kommen, wo der Arzt solche Messungen braucht. Prof. *Dorno* deutet in einer seiner Mitteilungen an, daß jeder Spektralbereich seine besondere physiologische und biologische

Bedeutung habe und es nötig sei, durch Bestrahlung mit Licht engbegrenzter Spektralbereiche diese Wirkungen aufzusuchen. Dann wird auch der partielle Trübungsfaktor praktische Bedeutung gewinnen.

Nur ein Ergebnis will ich noch mitteilen. Wenn man die Intensität im kurzwelligen Spektralbereich also beiderseits der Grenze des sichtbaren Lichtes, für medizinische Studien abschätzen will, braucht der Arzt nicht die recht schwierigen Messungen mit Photozellen zu machen, sondern er braucht nur mit Hilfe der — nach Einführung des *Hartmann* und *Brauns* schen Universal Aktinometers kinderleichten — Gesamtstrahlungsmessungen den Trübungsfaktor für die Gesamtstrahlung zu bezeichnen und findet dann die Intensität des sogenannten aktinischen Spektralbereiches, wie es durch die Natriumzelle hinlänglich genau wiedergegeben wird:

$$I_k = J_0 \cdot 0,13 \cdot (1 + 1,1m)$$

Einen *Trübungsfaktor für rote und ultrarote Strahlung* zu veröffentlichen, kann ich mich aus den schon erwähnten grundsätzlichen Bedenken noch nicht entschließen, denn die Trübung in rot und ultrarot erfolgt fast ausschließlich durch Absorption des Wasserdampfes in unregelmäßig verteilten streng begrenzten Spektralgebieten. Die als Einheit betrachtete diffuse Zerstreuung durch die Luftmoleküle ist in diesem Spektralbereich schon ganz verschwindend. Man tut besser die Rotstrahlung in Prozenten der Gesamtstrahlung auszudrücken. Dieser Prozentsatz ist wie schon bekannt, bei tiefem Sonnenstand größer als bei höherem Sonnenstand, was schon die rote Farbe der untergehenden Sonne zeigt. Er verringert sich natürlich auch mit wachsendem Dampfdruck. Beifolgende Tabelle 7 gibt auf Grund der Ergebnisse meiner argentinischen Reise diese Abhängigkeit der prozentualen Rotstrahlung von der Luftfeuchtigkeit wieder. Sie beträgt für einen Unterschied von 20 mm Dampfdruck jedoch nur 4 %.

Tabelle 7

Abhängigkeit des Rotgehaltes der Sonnenstrahlung vom Dampfdruck

Luftmasse	m-1	3	5
Dampfdruck 0	56	62	67
in mm Hg 5	55	61	66
10	54	61	65
15	53	60	64
20	52	59	63

Dr. *Milch* hat nun aber eine Statistik über den Zusammenhang dieser prozentualen Rotstrahlung mit dem Trübungsfaktor aufgestellt, die in folgender Tabelle 8 wiedergegeben wird. Danach steigt also der Rotgehalt mit wachsender Trübung stark an, besonders bei tiefem Sonnenstand. Zwischen Trübungsfaktor 1 und 5 kann er um

Tabelle 8
Abhängigkeit des prozent Rotgehaltes vom Trübungsfaktor
(nach W. Milch)

	m = 1	2	3	4	5	6
	Durchstrahlte Luftmasse					
T = 1	47.5	52.1	54.5	56.6	58.7	60.8
2	50.3	53.2	56.0	58.8	61.9	65
3	51.1	54.8	58.6	62.8	67.2	72
4	52.8	57.0	61.9	67.5	(75)	—
5	54.3	59.5	65.7	(76)	—	—

10 bis 20% ansteigen. Man sieht ganz allgemein, daß bei hohem Trübungsgrad das Sonnenspektrum ganz gewaltig nach den langen Wellen hin verschoben wird, daß nicht nur absolut, sondern sogar prozentual die biologisch und physiologisch so wertvolle kurzwellige Strahlung auf Kosten der langwelligen stark geschwächt wird. So bietet also der Trübungsfaktor hier wieder wertvolle Hilfe, diese Verschiedenheit der Zusammensetzung des Sonnenlichtes quantitativ abzuschätzen.

Die Einführung des Trübungs faktors in die Aktinometrie hat, wie ich hoffe gezeigt zu haben — außer ihrer theoretischen Bedeutung zur Erforschung des kolloidalen Aufbaues der Atmosphäre — hohe praktische Bedeutung für die medizinische Verwendung der natürlichen Sonnenstrahlung in der Klimatherapie. Er schafft die Möglichkeit, die natürliche Sonnenstrahlung zu dosieren, indem die Schwankungen in der Intensität und in der Zusammensetzung der Sonnenstrahlung, die von Jahreszeit, Tageszeit, Höhenlage, Wassergehalt, Dunstgehalt und der geographischen Breite abhängen, durch eine einzige Variable, nämlich den Trübungsgrad, reduziert werden können.

Wenn wir nun den Trübungsgrad der wolkenfreien Luft in die Reihe der Klimafaktoren aufnehmen, so folgen wir dabei nur dem allgemeinen Empfinden. Denn wer wußte vom Klima Italiens nicht wenigstens, daß dort ein ewig blauer Himmel herrschen soll, und sprache nicht vom dunstigen Himmel der Industriegebiete und Großstädte! Die Sonnenstrahlung ist ewig konstant, ihre klimatische Verschiedenheit wird durch die Variation der Lufttrübung erreicht. Sie gilt es zu messen, zu erforschen und in der Klimatherapie zu berücksichtigen.

Die Bedeutung des Ozongehaltes der Atmosphäre für die Sonnenstrahlung

Von *Edgar Meyer* Zürich

§ 1 In der Nahe der Wellenlänge $\lambda = 290 \mu\mu$ endet das Sonnenspektrum im Ultraviolett ganz plötzlich. Auch sehr verlängerte Exposition bei der photographischen Methode (75 Minuten bei *Fabry* und *Buisson*¹⁾ oder die Beobachtung in großer Höhe über dem Meere (9000 m *Wigand*²⁾ im Ballon oder endlich die Anwendung der sehr empfindlichen photoelektrischen Zellen (*Dember* auf dem Pik von Teneriffa in 3280 m *Hohe*³⁾) vermögen nicht diese ultraviolette Grenze des Sonnenspektrums zu kleineren Wellenlängen hin zu verschieben. Es folgt aus diesen Beobachtungen, daß man es hier nicht etwa mit einer Grenze zu tun hat, die durch die Versuchsmethode vorgetauscht ist.

Der Grund für das Auftreten dieser scharfen ultravioletten Grenze konnte darin zu suchen sein, daß die Sonne tatsächlich keine kleineren Wellenlängen aussendet. Dem widerspricht jedoch die Erfahrung, daß sich sonst die Strahlungsgesetze des schwarzen Körpers widerspruchsfrei auf die Sonne anwenden lassen.

Die Anwendung dieser Gesetze gibt unter der Annahme einer Solar konstanten von 1.93 eine Sonnentemperatur von 5750° ab. Ein schwarz strahlender Körper sendet aber bei einer Temperatur von 5750° ab noch eine sehr beträchtliche Energie bei kleineren Wellenlängen aus. Setzt man z. B. die Energie einer solchen Strahlung bei der Wellenlänge $\lambda = 330 \mu\mu$ willkürlich gleich 100, so ist selbst bei $\lambda = 210 \mu\mu$ die Energie noch gleich 13.

Hiernach ist also gar nicht einzusehen, warum nicht im Sonnenspektrum noch Energie weit unterhalb $\lambda = 290$ nachzuweisen wäre.

*Very*⁴⁾ hat die Vermutung ausgesprochen, daß die Sonnenatmosphäre selbst schon alles unterhalb $\lambda = 290 \mu\mu$ absorbiert. Aber diese Auffassung kann nach den direkten Versuchen von *Fabry* und *Buisson* (l. c.) nicht aufrecht erhalten werden. Diese Forscher haben nämlich gezeigt, daß in dem Gebiet $\lambda = 314,3$ bis $\lambda = 289,8 \mu\mu$

¹⁾ *Ch. Fabry* und *H. Buisson* *Astrophys. Journ.* 54 297 1921

²⁾ *A. Wigand* *Phys. Zeitschr.* 14 1144 1913

³⁾ *H. Dember* *Ann. d. Phys.* 49 599 1916

⁴⁾ *F. W. Very* *Astrophys. Journ.* 16 73 1902

das Spektrum des Sonnenrandes ungefähr zweimal geringere Intensität besitzt als das Spektrum der Sonnenmitte, und zwar *unabhängig* von der Wellenlänge. Waren aber die Schichten der Sonnenatmosphäre verantwortlich für die Begrenzung des Sonnenspektrums, so mußte in dem untersuchten Gebiet mit abnehmender Wellenlänge eine immer stärkere Schwächung der Strahlung (Sonnenrand gegen Sonnenmitte) einsetzen.

Nun hat *Huggins* ⁵⁾ gezeigt, daß das Spektrum der Wega (α Lyrae) eines weißen Sternes der I Spektralklasse von Secchi, also eines Sternes von viel höherer Temperatur und von viel größerer Intensität im kurzwelligen Spektrum als die Sonne, doch bei der selben Wellenlänge von etwa $\lambda = 290 \mu\mu$ endet. Das deutet aber mit allergrößter Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß das Ende des Sonnenspektrums durch die Erdatmosphäre bedingt ist.

§ 2 Es fragt sich nun, welcher Bestandteil der Erdatmosphäre diese plötzlich bei $\lambda = 290 \mu\mu$ beginnende starke Absorption bedingen kann. *Hartley* ⁶⁾ hat zuerst ausgesprochen, daß diese Substanz wahrscheinlich das Ozon ist.

Das Ozon besitzt nämlich neben anderen auch ein sehr starkes Absorptionsband, das sich von etwa $\lambda = 210$ bis $\lambda = 290 \mu\mu$ erstreckt mit dem Maximum bei etwa $\lambda = 257 \mu\mu$. Die Absorptionskoeffizienten in diesem Gebiet sind von *Meyer* ⁷⁾, *Kruger* und *Moeller* ⁸⁾ sowie von *Fabry* und *Buisson* ⁹⁾ gemessen worden. Wenn auch die in den zitierten Arbeiten angegebenen Absorptionskoeffizienten nicht gut miteinander übereinstimmen (bei kürzeren Wellenlängen koinzidieren die Werte von *Meyer* bei längeren aber diejenigen von *Kruger*, *Moeller* mit denen von *Fabry*, *Buisson*) so sind doch die Verhältnisse genügend bekannt, um die folgenden quantitativen Überlegungen ausführen zu können.

Daß Ozon in der Erdatmosphäre wirklich vorhanden ist, dafür sprechen eine Reihe von Erfahrungen. Auf den chemischen Nachweis darf allerdings dabei kein allzu großes Gewicht gelegt werden, da bei den bisher verwandten chemischen Untersuchungsmethoden auch andere Substanzen als Ozon (z. B. Wasserstoffsuperoxyd) mitgewirkt haben können. Das einzige spezifische Reagens auf Ozon von *Arnold* (Tetramethyldiaminodiphenylmethan) ist meines Wissens noch nicht zur quantitativen Bestimmung des Ozongehaltes der Luft verwandt worden. Die optischen Methoden zeigen aber einwandfrei das Vorhandensein von Ozon.

So beobachtete *Schone* ¹⁰⁾ die Ozonabsorptionsbanden $\lambda = 6095 - 5935 \mu\mu$ im Sonnenspektrum bei niedrigem Sonnenstande, das gleiche gibt *Hartley* ¹⁰⁾ an. Vor allem aber hat *Ångström* ¹¹⁾ mit dem Spektrolograph die ultraroten Ozonabsorptionsbanden bei $\lambda = 48 \mu$ und bei $\lambda = 91 - 100 \mu$ im

⁵⁾ *W. Huggins* Proc. Roy. Soc. London 46 133 1890

⁶⁾ *W. N. Hartley* Chem. News 42 268 1880

⁷⁾ *E. Meyer* Ann. d. Phys. 12 849 1903

⁸⁾ *F. Kruger* und *M. Moeller* Phys. Zeitschr. 13 729 1912

⁹⁾ *Ch. Fabry* und *H. Buisson* Journ. de Physique (5) 3 196 1913

¹⁰⁾ Zitiert nach *H. Kayser* Handbuch der Spektroskopie III. Band p. 361 Leipzig 1905 bei Hirzel

¹¹⁾ *K. Ångström* Ark. för Mat. Astr. och Fysik 1 395 1904

Sonnenspektrum sicher nachgewiesen. Weiter ist die Anwesenheit von Ozon in der Erdatmosphäre durch *Fowler* und *Strutt*¹²⁾ außer Zweifel gestellt worden, die die Existenz der Absorptionsbande in der Gegend von $\lambda = 330 \mu$ sowohl im Licht der Sonne als auch in dem der Sterne feststellten. Die Absorption in dieser Bande ist nicht genügend stark, um schon hier das Sonnenspektrum endigen zu lassen.

In einer sehr schönen Untersuchung haben dann *Fabry* und *Buisson*¹³⁾ den Intensitätsabfall am ultravioletten Ende des Sonnenspektrums quantitativ aus den Absorptionskoeffizienten des Ozons berechnen können, so daß mit dieser Arbeit wohl die Frage nach der Ursache der ultravioletten Grenze im Sonnenspektrum definitiv gelöst ist.

§ 3 Wie schon in § 1 erwähnt, verschiebt sich die Grenze nicht zu kürzeren Wellenlängen, auch wenn man in sehr großen Höhen beobachtet. Diese Tatsache ist einwandfrei nachgewiesen durch *Miethe* und *Lehmann*¹⁴⁾. Sie fanden als Endwellenlängen

Ort	Hohe	λ
Berlin	50 m	291,26 μ
Assuan	116	291,24 „
Zermatt	1620 „	291,36 „
Gornergrat	3136 „	291,10 „
Monte Rosa	4560 „	291,21

Zu genau demselben Resultat kam *Wigand* (l. c.). Im Freiballon in 9000 m Höhe fand er genau dieselbe Endwellenlänge wie in Halle (100 m).

Die älteren, diesen Resultaten widersprechenden Ergebnisse von *Cornu*¹⁾ daß eine Zunahme von 1μ bei einer Erhebung um 663 m eintritt, dürfte durch zerstreutes Licht in seiner Apparatur bedingt sein. Auch die Beobachtung der äußersten Wellenlänge $\lambda = 285 \mu$ durch *Dember* (l. c.) auf dem Pik von Teneriffa scheint mir deswegen zweifelhaft, weil sein angegebener Transmissionskoeffizient $\alpha = 0,014$ für diese Wellenlänge viel zu groß sein dürfte (vergl. die Messungen von *Fabry* *Buisson*).

Aus den Arbeiten von *Miethe*, *Lehmann* und von *Wigand* geht zur Evidenz hervor, daß das Ozon in der Erdatmosphäre nicht gleichmäßig verteilt sein kann, sondern nur in den höheren Schichten vorhanden ist. Es ist dieses auch von vorne herein ziemlich wahrscheinlich, weil die zufälligen Beimengungen der unteren Atmosphärenschichten wie Staub, Wasserstoffsuperoxyd, nitrose Gase u. s. w. einen stark desozonisierenden Einfluß ausüben müssen. Damit in Übereinstimmung steht ein Resultat von *Strutt*¹⁵⁾, der die Absorption der ultravioletten Strahlung einer künstlichen Lichtquelle zwischen zwei Stationen studierte. Er fand, daß die Quecksilberlinie $\lambda = 253,6 \mu$ noch gut durch eine Luftschicht von 6,45 km Länge hindurchging. Ware in dieser Schicht Ozon von derselben Konzentration vorhanden

¹²⁾ *A. Fowler* und *R. I. Strutt* Proceed Roy Soc London A 93 577 1917

¹³⁾ *Ch. Fabry* und *H. Buisson* Astrophys Journ 54 297 1921

¹⁴⁾ *A. Miethe* und *F. Lehmann* Berl Akad Ber 1909 p 268

¹⁵⁾ *A. Cornu* C R 88 1101 1285 1879 89 808 1879 90 940 1880

¹⁶⁾ *R. I. Strutt* Proceed Roy Soc London A 94 260 1918

gewesen, wie sie nach den Messungen von *Fabry* und *Buisson* angenommen werden muß ($0,4 \text{ cm}^3$ Ozon pro 1 m^3 Luft), so hatte die Intensität auf den 10^{33} Teil geschwächt sein müssen. In den unteren Schichten der Atmosphäre dürfte also hiernach nur ver schwindend wenig Ozon vorhanden sein.

§ 4 Stellt man noch die Frage, wodurch in den hohen Schichten der Erdatmosphäre das Ozon gebildet wird, so ist die Beantwortung einfach. Wie von *Lenard*¹⁷⁾ und weiter von *Regener*¹⁸⁾ nachgewiesen wurde, wird Sauerstoff durch ultraviolette Strahlung deren Wellenlänge $< 200 \mu\mu$ ist, ozonisiert. Nun muß aber die Sonnenstrahlung, welche exterrestrisch auf die Grenze der Erdatmosphäre auffällt, nach den Ueberlegungen des § 1 sehr beträchtliche Mengen von ultravioletter Strahlung mit Wellenlängen $< 200 \mu\mu$ enthalten, es liegt nahe, diese Strahlung für die Ozonisierung in den höchsten Schichten verantwortlich zu machen. In tiefere Schichten kann aber dieser Ozonisierungsprozeß nicht vordringen, weil die Wellenlängen $< 200 \mu\mu$ nach den Messungen von *Kreusler*¹⁹⁾ durch Luft stark absorbiert werden.

Die Konzentration des Ozon in diesen hohen Atmosphärenschichten kann aber nur bis zu einem gewissen Betrag ansteigen. Denn Strahlung von der Wellenlänge $\lambda = 210$ bis $\lambda = 290 \mu\mu$ übt nach den Versuchen von *Regener* (l. c.) eine desozonisierende Wirkung aus. Es muß sich daher eine bestimmte Gleichgewichtskonzentration ausbilden. Leider ist es nicht möglich dieses Gleichgewicht zu berechnen, da einige notwendige Daten fehlen. Zu berücksichtigen wäre dabei aber, daß nach *Regener* resp. nach *von Bahr*²⁰⁾ die desozonisierende Wirkung stark von der Temperatur und dem Druck abhängt.

§ 5 *Dorno*¹⁾ hat nun in Davos sehr schöne Messungen der kürzesten, im Sonnenspektrum wahrnehmbaren Wellenlängen gemacht, und zwar sowohl in Abhängigkeit von der täglichen Sonnenhöhe als auch von der Jahreszeit. Als Instrument diente ein auf seine Anregung von der Firma Carl Zeiß, Jena, gebauter Spektrograph mit vier dispergierenden Quarzprismen zur dauernden Registrierung des ultravioletten Sonnenspektrums. Der Apparat gestattet, die Wellenlänge bis auf $0,1 \mu\mu$ abzulesen. Wie alle Instrumente, außer dem von *Fabry* und *Buisson* verwandten, leidet auch der *Dorno'sche* Apparat an dem Fehler, daß eine gewisse kleine innere Zerstreuung nicht auszuschalten war. *Dorno* unterscheidet deswegen zwischen „deutlich meßbaren Endlinien“ (also den letzten meßbaren Spektrallinien des Sonnenspektrums) und letzten Ein-

¹⁷⁾ *Ph. Lenard* Ann d Phys 1, 486 1900

¹⁸⁾ *E. Regener* Ann d Phys 20 1033 1906

¹⁹⁾ *H. Kreusler* Ann d Phys 6 412 1901

²⁰⁾ *E. von Bahr* Ann d Phys 33 598 1910

¹⁾ *C. Dorno* Studie über Licht und Luft des Hochgebirges Braun schweig 1911 bei Vieweg u. Sohn

wirkungsspuren Da nur die ersteren angesprochen wurden so halte ich seine Ergebnisse für absolut einwandfrei und unbeeinflusst durch das im Innern des Apparates zerstreute Licht wenigstens in Bezug auf die Erscheinungen, die ich im folgenden quantitativ behandeln mochte Diese Bemerkung sei gemacht weil *Gotz* ²⁾, der auf Veranlassung von *Dorno* die Davoser Spektrogramme nach Intensitäten auszuwerten suchte, angibt daß diese hierfür wegen des zu starken, diffus zerstreuten Lichtes im Apparat ungeeignet waren

Ich mochte nun zeigen, daß sich die *Dorno* schen Beobachtungen über die letzten beobachteten Wellenlängen im Sonnenspektrum quantitativ aus der Absorption des atmosphärischen Ozon in Verbindung mit der *Rayleigh* schen Zerstreuung berechnen lassen

§ 6 Es seien zuerst die Versuchsergebnisse von *Dorno* angeführt und zwar wollen wir uns auf Tabelle 21 seiner „Studie“ (1 c) stützen, in der angegeben sind „kleinste im Sonnenspektrum wahrnehmbare Wellenlängen, nach Sonnenhöhen von 5 zu 5° geordnet, an je einem wolkenlosen Tage jedes Monats in $\mu\mu$. Wir wollen uns hier nur auf die Jahresmittel beziehen Die Daten sind in Spalte 1 und 2 der Tabelle I aufgeführt

Tabelle I

φ	λ beob	$\log \sin \varphi$	λ ber	Δ
65°	298 0 <i>uu</i>	9 957—10	297 1 <i>uu</i>	+ 0 9
60	297 9	9 938	297 7	+ 0 2
55	298 4	9 913	298 3	+ 0 1
50	298 5	9 884	299 2	— 0 7
45	299 7	9 849	299 9	— 0 2
40	301 6	9 808	301 0	+ 0 6
35	302 8	9 759	302 3	+ 0 5
30	304 3	9 699	303 9	+ 0 4
25	305 6	9 626	305 8	— 0 2
20	307 8	9 534	308 4	— 0 6
15	310 6	9 413	311 5	— 0 9
10	315 8	9 240	316 0	— 0 2

Tragt man die Werte von λ in ein Koordinatensystem als Ordinaten ein und wählt als Abszissen die Logarithmen vom sinus der Sonnenhöhe φ , so erhält man eine Gerade, deren Gleichung lautet

$$\lambda = 296 - 26,3 \log \sin \varphi$$

Wie genau das zutrifft, zeigt Spalte 4, welche die so berechneten Werte (λ ber) enthält In Spalte 5 sind unter Δ die Abweichungen λ beob — λ ber angegeben, die Summe der positiven Abweichungen ($\Sigma \Delta + = 2,7$) ist gleich der Summe der negativen Abweichungen ($\Sigma \Delta - = 2,8$)

Es handelt sich nun darum, die λ als Funktion der φ aus der Ozonabsorption abzuleiten

²⁾ F W P Gotz Augustheft 1925 von Die Sterne Herr Dr Gotz hatte mir freundlichst vor dem Erscheinen den Korrekturbogen zugesandt

§ 7 Verläuft ein Strahl von der Wellenlänge λ während einer Strecke χ in einem Gase so tritt nach *Rayleigh* eine Zerstreuung an den Gasmolekulan auf wodurch der Strahl geschwächt wird und zwar nach der Gleichung

$$I = J_0 e^{-h \chi}$$
 wobei J_0 die auffallende, I die durch gegangene Intensität und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet h wird der Extinktionskoeffizient genannt *Planck*²³⁾ gelangt für den Extinktionskoeffizienten zu dem Ausdruck

$$h = \frac{32}{3} \frac{\pi^3}{n \lambda^4} (\mu - 1)$$

wo μ den Brechungsindex des Lichtes für die Wellenlänge λ und n die Loschmidt'sche Zahl bedeutet (Anzahl der Gasmoleküle pro 1 cm³ bei 0° und 760 mm Druck $n = 270 \cdot 10^{19}$)

Bei einem Gase in welchem wirkliche Absorption stattfindet gilt die Beziehung

$$I = J_0 10^{-\alpha d}$$

wobei α den Absorptionskoeffizienten und d die durchstrahlte Schichtdicke darstellt

Hat man nun ein Gemisch von zwei Gasen bei dem die eine Komponente das Licht durch Extinktion schwächt die andere aber eine wirkliche Absorption besitzt so gilt wenn die (kleine) Konzentration der zweiten Komponente p genannt wird

$$I = J_0 e^{-h \chi} 10^{-\alpha d p}$$

Wendet man diese Gleichung auf die besprochenen Verhältnisse in der Erdatmosphäre an so ist zu bedenken daß die einfallende Intensität eine Funktion der Wellenlänge darstellt Es wird daher statt J_0 fortan J_λ geschrieben J_λ läßt sich für die einzelnen Wellenlängen leicht in relativem Maß aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers berechnen (Sonnentemperatur zu 5750° abs angenommen) χ ist die Dicke der durchstrahlten Atmosphärenschicht Für die "homogene" Atmosphäre ist hierbei bei Zenithsonne $\chi_0 = 7.99 \cdot 10$ cm bei 0° C angesetzt für die Höhe von Davos ist dieser Wert noch mit dem Verhältnis der mittleren Barometerständen $\frac{631}{760} = 0.83$ zu multiplizieren Als

Funktion der Sonnenhöhe φ gilt angenähert
$$\chi = \frac{\chi_0}{\sin \varphi}$$

Nimmt man weiter die von *Fabry* und *Buisson* (1 c) bei längeren Wellen gemessenen Absorptionskoeffizienten als richtig an so kann man diese in der Form darstellen

$$\log \alpha = 17.58 - 0.0564 \lambda$$

Augenscheinlich wird nun von *Dorno* die letzte Wellenlänge im Sonnenspektrum dann registriert, wenn die durchgelassene Intensität I auf einen bestimmten Wert I_0 gefallen ist Dieser Wert von I_0 ist eine Apparatkonstante es wird angenommen, daß I_0 in dem kleinen in Betracht kommenden Wellenlängenbereich unabhängig von der Wellenlänge ist

²³⁾ *M Planck* Berl Akad Ber 1904 p 740

Die Rechnung ergibt für den Zusammenhang von $\log \sin \varphi$ mit der kleinsten beobachtbaren Wellenlänge λ_m folgende Formel

$$\log \sin \varphi = \log (h \cdot 10^{0.83} \log e + \alpha p d) - \log \log \frac{J_\lambda}{10}$$

J_λ ist bekannt aus dem Strahlungsgesetz (J_λ bei $\lambda = 330 \mu\mu$ wird willkürlich = 100 gesetzt) h läßt sich aus der *Rayleigh* schen Theorie angeben. Unbekannt sind die Größen 10 , also die Konstante des *Dorno* schen Apparates, und $p d = 0$, welches die auf 0°C und 760 mm reduzierte durchlaufene Ozonschicht darstellt.

$p d = \delta$ läßt sich z. B. aus den Beobachtungen von *Fabry* und *Buisson* entnehmen zu

$$p d = 0 = 0.3$$

Zur Bestimmung von 10 diene ein beliebiger ausgeglichener Wert von *Dorno* z. B. $\lambda = 300$, $\log \sin \varphi = 9.8479 - 10$

Mit diesem Wert folgt dann aus der obigen allgemeinen Formel $10 = 0.218$

Die *Dorno*'schen Beobachtungen sollten also darstellbar sein durch die Gleichung

$$\log \sin \varphi = \log (h \cdot 10^{0.83} \log e + \alpha \cdot 0.3) - \log \log \frac{J_\lambda}{0.218}$$

Es sei darauf hingewiesen, daß in dieser Formel nur die eine Konstante $10 = 0.218$ aus den Messungen von *Dorno* bestimmt wurde.

Zur numerischen Nachprüfung der Gleichung seien in Tabelle II die verwandten Werte angegeben.

Tabelle II

λ	$h \cdot 10^7$	$h \cdot 10^6$	$h \cdot 10^{0.83}$	J_λ
330	9.49	0.758	0.629	100
320	10.80	0.863	0.716	91.9
310	12.34	0.986	0.818	83.2
300	14.16	1.131	0.939	75.2
290	16.43	1.313	1.090	67.4
280	19.15	1.530	1.270	59.1

Die Auswertung der Formel findet sich in Tabelle III Spalte 1 und 2

Tabelle III

λ ber	$(\log \sin \varphi)$ ber	λ beob	Δ (ber — beob)
298	9.937—10	297.7	+ 0.3
300	9.848	300.0	+ 0.0
305	9.633	305.7	— 0.7
310	9.448	310.5	— 0.5
315	9.305	314.3	+ 0.7

In der dritten Spalte sind die ausgeglichenen Werte von *Dorno* zu den verschiedenen Werten der $\log \sin \varphi$ der zweiten Spalte angegeben. Unter Δ stehen die Abweichungen zwischen den berechneten und den ausgeglichenen, beobachteten Werten. Man sieht, daß die Übereinstimmung eine recht gute ist, besonders wenn man die

größten Abweichungen in den Beobachtungen von *Dorno* in der Tabelle I von ± 0.9 berücksichtigt

Ich glaube behaupten zu dürfen daß die Theorie der Absorption der Sonnenstrahlung durch das atmosphärische Ozon durch die *Dorno* schen Beobachtungen eine weitere schöne Stütze erhält

Selbstverständlich können auch umgekehrt die Messungen *Dorno* s zur Bestimmung des Ozongehaltes der Atmosphäre benutzt werden. In dieser Weise verwandt, konnten sie wahrscheinlich noch zu interessanten und wichtigen Folgerungen führen

§ 7 Es sei noch auf eines aufmerksam gemacht. Bei der Wellenlänge $\lambda = 306.4 \mu\mu$ beginnt eine nach Rot abgeschattierte Absorptionsbande die meistens dem Wasserdampf²⁴⁾, manchmal wohl auch dem Sauerstoff²⁵⁾ zugeschrieben wird. Sie tritt mit solcher Hartnäckigkeit auf daß es bei elektrischen Entladungen oft kaum gelingt, sie (in Emission) zum Verschwinden zu bringen. Wird bei tieferem Sonnenstande das Sonnenspektrum auf Wellenlängen $> \lambda = 306.4 \mu\mu$ beschränkt, so muß die Absorption in dieser Bande, sei sie nun durch Wasserdampf oder durch Sauerstoff hervorgerufen, mit berücksichtigt werden. Bis heute liegen allerdings noch keine gemessenen Absorptionskoeffizienten vor

§ 8 Schon oft ist die Vermutung ausgesprochen worden daß vielleicht bei der Wellenlänge $\lambda = 210 \mu\mu$ noch Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre hindurch gelangt, da hier das Ozon wieder durchlässiger wird. Nach einer solchen Strahlung ist gesucht worden. So habe ich⁶⁾ mit einer photoelektrischen Methode auf dem Goerner grat (3136 m) Versuche angestellt, die 1911 mit einer photographischen Methode auf der Belgl. Hütte an der Jungfrau (3299 m) wiederholt wurden (unveröffentlichte Versuche). Weiter haben *Lambert Dejardin* und *Chalonge* ⁷⁾ im Observatorium Vallot am Mont Blanc (4347 m) Beobachtungen mit demselben Ziel angestellt. Stets aber hat sich ein negatives Resultat ergeben: das Sonnenspektrum schneidet in der Gegend von $\lambda = 290 \mu\mu$ definitiv ab, Strahlung bei $\lambda = 210 \mu\mu$ ist nicht vorhanden.

Duclaux und *Jeanet* ⁸⁾ haben deswegen nach Substanzen in der Atmosphäre gesucht, deren Absorption für das Verschwinden der Strahlung bei $\lambda = 210 \mu\mu$ verantwortlich ist. Sie fanden aber nur, daß Ammoniak genügend absorbieren wurde, um von $\lambda = 202 \mu\mu$ an die Sonnenstrahlung zu verschlucken. Nach ihnen sollte daher

²⁴⁾ *G. D. Ivering* und *J. Dewar* Proceed Roy Soc London 30 498 580 1880 33 274 1889. *P. Meyerstein* Zeitschr f wiss Phot 2 131 1904. *H. Koenen* Ann d Phys 9 742 1907. *L. Grebe* und *O. Holtz* Ann d Phys 39 1243 1912.

¹⁾ *W. Steubing* Ann d Phys 33 573 1910. *A. Reib* Zeitschr f Phys Chem 88 555 1914. *R. Forthat* Journ de Phys et le Rad 5, 20 1924.

²⁶⁾ *E. Meyer* Ann d Phys 12 849 1903.

⁷⁾ *P. Lambert*, *G. Dejardin* und *D. Chalonge* Journ de Phys et le Rad 4 536 1923.

⁸⁾ *J. Duclaux* und *P. Jeanet* Journ de Phys et le Rad 4, 115 1923.

noch ein schmales Band zwischen $\lambda = 202$ und $\lambda = 210 \mu\mu$ bestehen bleiben. Ich glaube aber auf Grund folgender quantitativer Ueberlegungen, daß die Strahlung bei $\lambda = 210 \mu\mu$ *nicht* vorhanden ist.

Rechnet man sich auf Grund der *Rayleigh* schen Zerstreuung und der Ozonabsorption die Intensitäten I der Sonnenstrahlung aus, die bei $\lambda = 290 \mu\mu$ resp. bei $\lambda = 210 \mu\mu$ noch den Erdboden erreichen, so findet man

$$\frac{I_{290}}{I_{210}} = 12$$

d. h. die Intensität bei $\lambda = 210 \mu\mu$ ist noch 12 mal kleiner als die für uns noch gerade nachweisbare Energie bei $\lambda = 290 \mu\mu$. Es scheint daher ausgeschlossen, daß irgendwelche Strahlung weit unterhalb der Grenze bei $\lambda = 290 \mu\mu$ durch die Erdatmosphäre hindurch gelangen kann. Die Zahlen zu dieser Rechnung sind in Tabelle IV zusammengestellt. Der Ozon Absorptionskoeffizient α bei $\lambda = 290 \mu\mu$ ist von *Fabry* und *Buisson* der bei $\lambda = 210 \mu\mu$ von mir gemessen. J' ist die Intensität am Erdboden, falls nur *Rayleigh* sche Zerstreuung vorhanden wäre. Die Dicke der Ozonschicht ist gleich wie in § 7 angenommen.

Tabelle IV

λ	$h \cdot 10^7$	$h \cdot \chi_0$	J_λ	J	α
290 $\mu\mu$	16.43	1.315	67.4	18.1	16.6
210 ,	69.85	5.58	13.1	0.049	11.5

Die Lufterlektrizität der freien Atmosphäre

Von Prof Dr A Wigand

1 Einleitung

Wie der radiotelegraphische Empfang durch die lufterlektrischen Zustände und Vorgänge ungünstig oder günstig beeinflusst wird, so reagiert auch der menschliche und tierische Organismus deutlich merkbar auf lufterlektrische Einflüsse. Wir wissen zwar darüber bis jetzt noch nicht viel mehr als die Tatsache an sich und besitzen nur einige Fingerzeige qualitativer Art für die Natur der hier waltenden physikalisch physiologisch psychischen Zusammenhänge. Aber es lohnt sich doch wohl schon, der künftigen Forschung hier Wege zu zeigen. Denn man hat alle Ursache, beispielsweise die Wetterreaktion von Rheumatikern, Ischiatikern und Schußverletzten, die Fohnkrankheit und auch die allgemeine Empfindung der Schwüle als lufterlektrisch bedingt anzunehmen, ebenso wie auch die Ankündigung von Gewitterlage durch manche Tiere, z. B. Kroten.

Was wir von der Elektrizität der Atmosphäre heute wissen, läßt sich in einem einzigen Vortrage nicht einmal oberflächlich sagen. Ich will mich darauf beschränken, mit einigen Strichen im wesentlichen die Verhältnisse der *freien Atmosphäre* zu skizzieren, also die Lufterlektrizität losgelöst von der Gebundenheit und den Störungen des Erdbodens. Das gibt ein Bild mit einfachern, reinern Zügen, geeigneter zur Erkenntnis der maßgebenden geophysikalischen und kosmischen Verknüpfungen, ähnlicher dem elektrischen Klima des Hochgebirges als des Tieflandes.

Die Kenntnis der Hohen-Lufterlektrizität beruht teils auf Beobachtungen im Gebirge, vor allem aber auf Forschungen in *Luftfahrten*, die uns in den beiden letzten Jahrzehnten einen lufterlektrischen Überblick über die Troposphäre bis oberhalb 9 km Höhe gegeben haben, also über die für Wetter und Klima auch am Boden wesentlich maßgebende Luftschicht. Ich will kurz berichten über Meßverfahren und Ergebnisse dieser lufterlektrischen Luftfahrten, die (nach frühern Vorversuchen) durch *Linke* und *Gerdien* von Göttingen aus im Freiballon entscheidend in Angriff genommen worden

sind, und die ich mit meinen Mitarbeitern ¹⁾ von Halle aus im Freiballon Flugzeug und Luftschiff weiterfuhren und zu einem gewissen Abschluß bringen konnte

2 Das Erdfeld

In der Erdatmosphäre besteht ein elektrostatisches Feld, vertikal gerichtet großen zeitlichen und örtlichen Aenderungen unterworfen Seine Stärke wird angegeben durch das vertikale *Spannungsgefälle* in Volt/m Seine Ursachen sind zunächst die negative *Oberflächenladung der Erde* und sodann, gleich wichtig die *Raumladung der Luft* normalerweise positiv, in gestörten Fällen auch negativ Daß dieses Erdfeld nicht in kurzer Zeit durch die vertikalen elektrischen Ströme der Atmosphäre zum Verschwinden gebracht wird ist das noch ungeloste eigentliche luftelektrische Rätsel, man bezeichnet die *Aufrechterhaltung des Erdfeldes* als das *Grundproblem* der luftelektrischen Forschung

Das Erdfeld wird gemessen indem man den Spannungsunterschied eines Luftpunktes gegen Erde oder zweier Luftpunkte verschiedener Höhe gegeneinander feststellt Dazu sind *Sonden* (auch *Kollektoren* genannt) erforderlich die schnell und restlos das Potential der Luft an ihrem Orte annehmen, ferner ein geeignetes *Flektrometer* zur Messung des Spannungsunterschiedes Man bezieht dann mit der bekannten Entfernung der beiden Meßpunkte das Resultat auf den Höhenunterschied von 1 m und muß ferner für die Absolutreduktion darauf Rücksicht nehmen, daß bei den Messungen das Erdfeld für gewöhnlich durch die unregelmäßige Gestaltung der Erdoberfläche oder in der freien Atmosphäre durch das Luftfahrzeug *deformiert* ist Beim nichtdeformierten Erdfeld über der ebenen Erdoberfläche oder in der freien Atmosphäre sein vom Luftfahrzeug sind die Flächen gleichen Potentials (*Niveauflächen*) horizontale Ebenen, deren Abstand für einen bestimmten Spannungsunterschied umgekehrt proportional dem Spannungsgefälle ist Eine Komplikation der Spannungsmessungen in der freien Atmosphäre kann ferner durch eine etwaige Eigenladung des Luftfahrzeuges entstehen, die eine weitere Deformation der Niveauflächen bewirkt und für deren Beseitigung oder gesonderte Berücksichtigung zu sorgen ist Die Deformation der Niveauflächen erfolgt durchaus gesetzmäßig nach der Potentialtheorie und bewirkt je nach Zusammendrängung oder Auflockerung der Flächen eine Erhöhung oder Erniedrigung des Spannungsgefälles (Lichtbilder der Deformation des Erdfeldes durch Luftfahrzeuge nach Modellversuchen sowie des Meßverfahrens in Luftfahrzeugen und des gemessenen Vertikalverlaufs)

¹⁾ G. Lütze, E. Everling, W. Kolhoner, H. Koppe, Wilhelm Müller, T. Schlomka, F. Wenk und J. Wittenbecher

Der normale Spannungszustand der Atmosphäre ist aus den folgenden Zahlen zu ersehen, die das gemittelte Ergebnis der Ballonmessungen von *Linke*, *Gerdien*, *Everling* und *Wigand* für wolkenfreies Wetter darstellen

Seehöhe	Spannungsgefälle
km	Volt/m
9	4
6	6
3	15
1,5	25
0	100

Mit zunehmender Höhe nimmt das Spannungsgefälle ab, Anfangs schnell, später langsamer. Nahe der oberen Grenze der Troposphäre hat es also noch einen endlichen, wenn auch kleinen Wert; ob darüber in der Stratosphäre der Wert 0 erreicht wird, kann nicht einmal vermutungsweise ausgesagt werden, für wahrscheinlich halte ich es nicht.

Der normale Vertikalverlauf des Spannungsgefälles kann sich im Zusammenhange mit der Wetterlage beträchtlich ändern, hauptsächlich am Boden und in den untern 1,5 Höhenkilometern, wo Dunst und Wolken, in besonders hohem Maße bei Gewitterlage, durch ihre Eigenladung starke *Störungen* hervorrufen, die bis zur Umkehr des Vorzeichens und zur Erreichung eines hohen Vielfachen des Normalwertes führen können. *Norinder* hat z. B. in 2 km Entfernung von Blitzen ein Spannungsgefälle von 100,000 Volt/m am Boden gemessen; am Orte des Blitzes ist noch das 20- bis 40fache hiervon anzunehmen.

Aber auch ohne solche meteorologischen Störungen zeigt der zeitliche Verlauf des Spannungsgefälles an einem Orte *Schwankungen* regelmäßige kosmisch bedingte tagliche, jahrlche und auch mehrjährige Perioden, ferner auch kurzzeitige, anscheinend unregelmäßige Schwankungen von der Dauer weniger Minuten oder Sekunden und auch Bruchsekunden. Zum Studium dieser *Feinstruktur des Spannungsgefälles* das zuerst von mir mit *Lutze* in Angriff genommen wurde, braucht man sehr schnell wirkende Kollektoren, wie etwa den *Lutze'schen* Wasserkollektor mit Saugdruckzerstaubung oder den von mir mit *Schlomka* im Flugzeuge entwickelten Radiothor-Kollektor, und ein registrierendes Elektrometer von geringster Kapazität. Die Kenntnis der Feinstruktur des Spannungsgefälles erscheint besonders aussichtsreich zur Aufklärung gewisser nervöser (wie auch radiotelegraphischer) Wirkungen der Luftelektrizität, denn nicht nur die Existenz eines elektrostatischen Feldes und seine absolute Größe führt (wie für den Wunschluftengänger als sicher nachgewiesen) bei vorhandener Sensibilität zu einer nervösen Reaktion, auch die Feinstruktur dieses Feldes, der Grad seiner Unruhe, ist wahrscheinlich dabei wesentlich.

3 Die Ionen

Die *Raumladung* der Luft, die für den Vertikalverlauf des Spannungsgefalles wesentlich ist, beruht darauf daß der *Gehalt an positiven und an negativen Ionen* in der Regel nicht gleich groß ist. Es überwiegt normalerweise die von den positiven Ionen getragene Ladung pro Volumeneinheit E_+ über die der negativen Ionen E_- , so daß die „Unipolarität“ E_+/E_- größer als 1 wird und die überschüssige Raumladung eines Vorzeichens ($E_+ - E_-$) positiv ist. Die Ursachen dieser Erscheinung sind noch nicht sicher bekannt. Nach dem Vertikalverlauf des Spannungsgefalles läßt sich berechnen daß die positive Raumladung nach oben abnehmen muß. Den nicht seltenen Fall negativer Raumladung, wie er bei Wolkeneinfluß und Gewitterlage gefunden wird sieht man als gestört an.

Der *Ionengehalt* E_+ und E_- hat im Tiefland und über dem Meeresspiegel Werte von 0,2 bis 0,4 elektrostatischen CGS-Einheiten eines Vorzeichens im m^3 und wächst im allgemeinen mit der Höhe, was Hochgebirgsversuche und die Ballonbeobachtungen von *Gerdien*, *Ludeling*, *Lutz* und *Gockel* sowie die im Freiballon und Flugzeug ausgeführten Messungen von *Wigand* und *Koppe* ergeben haben. In den untersten Luftschichten wurde Konstanz oder auch Abnahme nach oben gefunden, von 1,5 bis 3 km Höhe Anwachsen auf ein Mehrfaches des Bodenwertes, darüber bis über 6 km Höhe langsame Zunahme mit der Höhe.

Statt des Ionengehaltes gibt man oft auch die „Ionenzahl“ in der Volumeneinheit an, indem man E dividiert durch die Elementarladung $e = 4,77 \times 10^{-10}$ elektrostatische CGS Einheiten. Dann findet man beispielsweise für reine Luft im Tiefland und auf See 400—800 Ionen eines Vorzeichens in cm^3 . Über physiologische Beziehungen zur Ionenzahl liegen mehrere Untersuchungen vor, jedoch ohne bestimmte Ergebnisse.

Die *Beweglichkeit* der atmosphärischen Ionen im elektrischen Felde ist umgekehrt proportional dem Luftdruck und nimmt zu mit der Reinheit der Luft, so daß man mit wachsender Höhe zunehmende Ionenbeweglichkeit findet. In der untersten Luftschicht ist häufig eine besonders große, schwer bewegliche Ionenart (nach *Langevin* benannt) vorhanden, über deren luftelektrische Bedeutung man bis jetzt noch recht unvollkommen unterrichtet ist.

Das Produkt aus Ionengehalt und Beweglichkeit wird als *Leitfähigkeit* λ der Luft bezeichnet. Die Leitfähigkeit setzt sich additiv zusammen aus der auf den positiven und den negativen Ionen beruhenden ($\lambda = \lambda_+ + \lambda_-$), in der Regel ist $\lambda_+ > \lambda_-$. Der normale Mittelwert für λ im Tiefland und über See ist 1 bis 2×10^{-4} elektrostatische CGS Einheiten. Der Vertikalverlauf zeigt im allgemeinen Zunahme von λ mit der Höhe nach Hochgebirgs- und besonders Ballonmessungen (*Gerdien*, *Wigand* und *Koppe*) in der untersten Luftschicht langsame Zunahme mit der Höhe, gelegentlich auch schwache Ab-

nahme darüber beträchtliche Zunahme auf ein hohes Vielfaches des Bodenwertes ($\rho = 27 \times 10^{-4}$ in 89 km Höhe nach *Wigand*)

Wie das Spannungsgefälle, so ist auch der Ionengehalt und die Leitfähigkeit beträchtlichen zeitlichen und örtlichen *Schwankungen* unterworfen, die besonders durch die meteorologischen Einflüsse bewirkt werden. Bemerkenswert sind bei der Leitfähigkeit die regelmäßigen, kosmisch bedingten, täglichen und jährlichen *Perioden*, die in großen Zügen den periodischen Schwankungen des Spannungsgefälles entgegengesetzt verlaufen, so daß man für das Produkt aus Spannungsgefälle und Leitfähigkeit (die *vertikale Leitungsstromdichte*) weitgehende zeitliche und auch örtliche Konstanz erhält. Auch in seinem Vertikalverlauf bleibt dieser Vertikalstrom nach den Ballonversuchen in der gleichen Größenordnung, wird jedoch anscheinend mit zunehmender Höhe kleiner. Solche Berechnungen aus Leitfähigkeit und Spannungsgefälle ergeben übereinstimmend mit direkten Messungen im Mittel für die Stärke des vertikalen Leitungsstromes 6×10^{-7} elektrostatische CGS Einheiten, das sind 2×10^{-16} Amp/cm, eine im Hinblick auf die technische Verwendbarkeit recht kleine Zahl. Außer durch diese Ionenleitung strömt auch noch durch Konvektion vertikal Elektrizität in der Atmosphäre, indem die Niederschläge und die vertikale Luftbewegung Ladungen transportieren.

Das *Meßverfahren* für Ionengehalt und Leitfähigkeit benutzt in Luftfahrzeugen die ursprünglich von *Ebert* und *Gerdien* angegebenen und dann weiter ausgebildeten Apparate, bei denen beobachtet wird, wie die Ionen der Luft durch Zuwanderung die entgegengesetzte Ladung der inneren Stab-Elektrode eines Zylinderkondensators „zerstreuen“. Beim „Ionen Zähler“ muß man außerdem die Luftmenge messen, der die Ionen beim Entladungsvorgange vollständig entzogen werden. Zu beachten ist, daß die Ionen Zähler des *Ebert'schen* Typus überwiegend nur die leichtbeweglichen („kleinen“) Ionen zur Messung bringen (Lichtbilder der Apparate in Luftfahrzeugen sowie des gemessenen Vertikalverlaufs).

4 Die Ionisatoren

Der Zustand der atmosphärischen Ionisation ist ein stationäres Gleichgewicht zweier gegeneinander laufenden Prozesse: der Neubildung von Ionen durch *Ionisierung* der Luft und der Rückbildung neutraler Teilchen durch *Wiedervereinigung* entgegengesetzt geladener Ionen. Im Gleichgewichtszustande werden in der gleichen Zeit eben so viele Ionenpaare durch Ionisierung neu gebildet, wie durch Wiedervereinigung verschwinden.

Von der *Wiedervereinigung* wissen wir in der freien Atmosphäre nichts Direktes, müssen aber annehmen, daß ihr Betrag mit zunehmender Höhe und Luftreinheit abnimmt, so daß ihre größten Werte in der dunsterfüllten bodennahen Luftschicht vorkommen.

Hingegen sind wir über die *Starke der Ionisierung* in der freien Atmosphäre gut unterrichtet und kennen die in der Troposphäre maßgebenden *Ionsatoren* und die Aenderung ihrer Wirkung mit der Höhe

In geringer Höhe über dem Boden sind es vorwiegend die *radioaktiven Substanzen der Erde und der Luft* welche durch ihre *Strahlungen* die Luft ionisieren und in der Sekunde rund 2 bis 3 Ionenpaare im cm^3 neubilden. Bereits in wenigen 100 m Höhe über dem Boden wird die radioaktive Erdstrahlung infolge ihrer Absorption in der Luft verschwindend gering und auch die Ionisierung durch die Strahlung der radioaktiven Substanzen der Luft nimmt schnell mit zunehmender Höhe ab. Maßgebend ist hier der *Gehalt der Luft an Radium Emanation* und ihren Zerfallsprodukten, für dessen Aenderung mit der Höhe in der freien Atmosphäre sich aus Flugzeugversuchen von *Wigand* und *Wenk* folgende Werte ergeben haben

Flug Nr	See höhe m	RaEm Gehalt Curie	Fehlergrenze \pm	Wetterlage	Höhe der unteren Sperrschicht grenze m
		10^{18} cm^3			
I	900	190	36	antizyklonal mit Rand störung	850
II	1150	228	32		800
	2350	0	15		
III	570	168	36	antizyklonal	(keine Sperrschicht)
	2300	24	14		
	3800	0	17		
IV	300	42	18	antizyklonal	1100
	350	24	26		
	1300	141	24		
V	350	426	63	zyklonal	800
	1450	28	14		
	2000	0	24		

Der Emanationsgehalt nimmt also schnell mit zunehmender Höhe ab bis auf einen kleinen Bruchteil des Gehalts an Boden. Die Schichtung der Atmosphäre ist dabei von wesentlichem Einfluß, weil durch sie der vertikale Luftaustausch und damit der Transport der Emanation vom Erdboden, von dem sie her stammt, in höhere Schichten bestimmt wird. Auch über dem Meere in Landnähe ist, wie in größerer Höhe der freien Atmosphäre, nur sehr wenig Radiumemanation in der Luft vorhanden.

Der Emanationsgehalt der Freiluft ist im Vergleich mit den Mengen der Emanationstherapie sehr gering. Ob er mit seinen Aenderungen, die auch am Boden erheblich sein können, merklich auf den Organismus wirkt, ist noch unentschieden.

Das Verfahren zur Bestimmung des Radiumemanationsgehalts der Luft beruht am besten auf Ausscheidung durch Abkühlung mit flüssigem Sauerstoff (Lichtbild der Flugzeug Apparatur)

Für große Höhen der Troposphäre ist der maßgebende Ionisator die *durchdringende Höhenstrahlung* die vom Kosmos oder der oberen Erdatmosphäre her in die uns zugänglichen Luftschichten eindringt und wegen ihres außerordentlich großen Durchdringungsvermögens als eine γ Strahlung angesehen wird. Sie ist im Freiballon von *Gockel* entdeckt und von *Heß* und *Kolhorster* quantitativ bis 9,3 km Höhe untersucht worden. Man mißt sie am besten mit einem ursprünglich von *Wulf* angegebenen Apparat, der aus einem geschlossenen Metallgefäß mit einem Elektrometer im Innern besteht.

Die Härte der Höhenstrahlung ist rund 10mal so groß wie die der härtesten γ Strahlen der bekannten radioaktiven Substanzen. Noch am Erdboden im Tiefland nach Durchsetzung der gesamten Atmosphäre hat die Höhenstrahlung eine eben meßbare Stärke, mit der Höhe nimmt sie schnell zu.

Seehöhe (km)	a	b
	Stärke der Höhenstrahlung im geschlossenen Gefäß (Ionenpaare/cm ³ sec)	Ionisierungswirkung der Höhenstrahlung in der Freiluft (Ionenpaare/cm ³ sec)
9.3	88	23.5
9	83	23
8	66	20.5
7	49	17
6	32	13
5	20	9.5
4	13	7
3	8	5
2	5	3.5
1	3	2
0	1.5	1

Die vorstehende Tabelle zeigt die Verteilung der im geschlossenen Gefäß mit Luft von Atmosphärendruck gemessenen Strahlungsstärke (a, nach den Freiballonbeobachtungen von *Kolhorster*) und der Ionisierungswirkung in der Freiluft (b), die ich entsprechend der Änderung der Luftdichte aus der Strahlungsstärke (a) berechnet habe.

Während die Stärke der Höhenstrahlung in den unteren Kilometern beschleunigt mit der Höhe und von 6 km an proportional der Höhe ansteigt, nimmt die Freiluft Ionisierung durch die Höhenstrahlung zwar unten gleichfalls beschleunigt mit der Höhe zu, von 7 km an aber wächst sie immer langsamer mit der Höhe, so daß nach Überschreitung eines Maximums nahe oberhalb der Troposphäre für größere Höhen mit sehr kleiner Luftdichte eine Abnahme der Freiluftionisierung durch die Höhenstrahlung bis zu sehr kleinen Werten zu erwarten ist. Sollte also da oben, wie man nach radio

telegraphischen Erfahrungen anzunehmen geneigt ist, die Luft hochgradig ionisiert sein (Heavyside Schicht), so mußten andere Ionisatoren als die in der Troposphäre wirksamen dafür verantwortlich gemacht werden. Man denkt hier zunächst an die elektrischen Korpuskularstrahlen der Sonne, vielleicht auch an die ultraviolette Wellenstrahlung der Sonne, die aber, wie ich nachgewiesen habe, in der Troposphäre bis über 9 km Höhe keine kurzwelligeren, als Ionisator wirksameren Strahlen enthält als am Erdboden und daher, trotz beträchtlicher Intensitätszunahme mit der Höhe, für die Luftionisierung in der Troposphäre nicht merklich in Betracht kommen kann.

5 Die Wolkenelektrizität

Außer dem gewöhnlichen Luftion, dessen Substrat einige zu zusammengeballte Luftmolekeln sind, und dem großen *Langevin*-Ion, das ein geladenes Staub- oder Dunstteilchen ist, kommt ein noch größeres Ion in der Atmosphäre vor, nämlich das Wassertropfchen oder Eiskriställchen des Nebels und der Wolken. Man weiß schon längst, daß die Wolkenelemente in der Regel elektrische Ladung besitzen, denn die Niederschläge sind geladen und führen die Wolkenelektrizität der Erdoberfläche zu, worüber zahlreiche und umfassende Beobachtungen aus verschiedenen Gegenden der Erde vorliegen. Ferner muß man auch daraus, daß das normale Spannungsgefälle im Bodennebel und in Wolken sowie in ihrer Nähe beträchtlich gestört ist, eine Ladung der Nebel- und Wolkenelemente folgern. Die Annahme einer solchen Ladung kann schließlich auch zur Erklärung der Beständigkeit der Wolken und zur vollständigen Angabe der Bedingungen für die Bildung von Niederschlag aus der Wolke nicht entbehrt werden, denn nach den Erfahrungen der Niederschlagsvorhersage reicht hier die Kenntnis der Feuchtigkeitsverhältnisse nicht aus, sondern es scheint, daß die Aufladung und Entladung der Wolkenelemente entscheidend mitwirkt.

Eine direkte Messung der Ladung der Nebel- und Wolkenelemente in einem Kondensator hat wegen der geringen Beweglichkeit dieser Ionen seine Schwierigkeiten. Ich habe gemeinsam mit *Wittenbecher* solche Versuche in Angriff genommen, zunächst für Bodennebel, und wir fanden bis jetzt, was schon nach den indirekten Anzeichen anzunehmen war, daß das einzelne Nebeltropfchen in der Regel eine große Anzahl von Elementarladungen auf sich vereinigt, es kommen im Bodennebel Tropfchen vor, die häufig mit einer Ladung von mehreren 100, mitunter auch über 1000 Elementarquanten versehen sind, meist sind diese Ladungen positiv. Dem gegenüber besitzt das gewöhnliche kleine Luftion nur eine einzige Elementarladung.

Die Messung der Wolkenelektrizität in der freien Atmosphäre kann bis jetzt nur indirekt und ungenügend, aber für die Sicherheit

der Luftschiffahrt hinreichend genau dadurch geschehen, daß man das Potential der Wolke aus dem durch sie in einiger Entfernung gestorten Spannungsgefalle bestimmt. Den Weg hierzu hat früher *Linke* im Freiballon gezeigt. Nachdem ich mit *Schlomka* im Flugzeuge einen geeigneten Kollektor ausgebildet hatte, konnte ich im vorigen Jahre bei Probefahrten des Amerikaluftschiffes brauchbare Messungen dieser Art für Cumulus- und Stratuswolken ausführen.

Bei der *Gewitterwolke* erreicht bekanntlich das Wolkenpotential außerordentlich hohe Beträge. Wir können das aus den Dimensionen der Blitze und aus den gestorten Werten des Spannungsfalles am Erdboden schließen. Die Entwicklung der Hochspannung einer Gewitterwolke geht parallel mit der morphologischen Entwicklung vom gewöhnlichen Cumulus über den Cumulus castellatus zum Cumulonimbus (Lichtbilder). Nicht erst das Fallen von Niederschlägen, wie einige Hypothesen zur Erklärung der Gewitter Elektrizität annehmen, schafft die besondern luftelektrischen Verhältnisse des Gewitters. Vielmehr sind bereits beim Bestehen einer *Gewitterdisposition* d. h. bei der intensiven Aufwärtsbewegung der Luft und ihrer hoch hinaufreichenden starken Trübung sowie während der Ausbildung der später zum Gewitter führenden typischen Wolkenform, die Spannungsgefalle und auch die Höhenverteilung der Ionisation insbesondere der freien Raumladung bis in große Höhen hinauf durchaus abnorm. Aber man weiß darüber wegen der experimentellen Schwierigkeit und Gefährlichkeit solcher Beobachtungen heute noch viel zu wenig, um eine überzeugende, widerspruchsfreie physikalische Erklärung der Entstehung der Gewitterelektrizität geben zu können.

6 Die Luftelektrizität als Klimatelement

Zum Schluß noch eine Bemerkung über die Luftelektrizität als *Klimatelement*. Wir können sagen, daß das elektrische Klima eines Ortes zunächst im wesentlichen durch die Seehöhe bedingt ist, und dürfen daher die Luftelektrizität der freien Atmosphäre auf das *Gebirge* übertragen, jedoch mit einigen Einschränkungen. Es überwiegt bei der Luftelektrizität (wie bei der Sonnenstrahlung) der *Höheneinfluß* den *Bodeneinfluß*. *Dorn* und *Gockel* u. A. haben das durch zahlreiche Messungen im Hochgebirge erwiesen. Bei andern Klimatelementen kann es umgekehrt sein, zum Beispiel beim Wind.

Die luftelektrischen Hauptelemente (Spannungsgefalle, Ionengehalt, Raumladung, Leitfähigkeit, Ionisierung) haben im Hochgebirge oft ähnliche Werte wie in gleicher Seehöhe der freien Atmosphäre. Sie werden vom Erdboden in so weit beeinflußt, als bei ihnen die Luftfeuchtigkeit sowie der Grad der Luftreinheit auf die Wiedervereinigung und Beweglichkeit der Ionen einwirken und die radioaktiven Substanzen des Bodens sowie der bodennahen Luft noch

neben der in der Höhe starkern durchdringenden Höhenstrahlung als Ionisatoren eine Rolle spielen. Auch ist die luftelektrische Wirkung der Niederschläge am Erdboden beachtenswert.

Das elektrische Klima des Hochgebirges zeichnet sich vor dem des Tieflandes aus durch kleineres Spannungsgefälle, größeren Ionengehalt, höhere Leitfähigkeit und stärkere Ionisierung, es ist zwar wesentlich anders, aber keineswegs weniger kompliziert. Erst mit der Loslösung vom Boden auch in der Höhe finden wir die einfachern luftelektrischen Verhältnisse der freien Atmosphäre, die einen geeigneten Weg darstellen zum Erkenntnis auch der verwickeltern Bodenverhältnisse in verschiedenen Höhen.

Rapport sur les recherches d'électricité atmosphérique et des radiations solaires et célestes faites dans l'Observatoire de montagne a Sestola Cimone (Appennin Modenais)

Professore *Palazzo* Roma

L'Observatoire météorologique de la Station climatique de Sestola est située à 1090 mètres sur le niveau de la mer dans l'Appennin Modenais il a son siège dans un vieux fort qui couronne la cime d'un col détaché du groupe du Cimone et il domine pour les $\frac{3}{4}$ de l'horizon tous les monts voisins

L'Observatoire maintenant dédié à la mémoire de Pierre Tacchini, est d'institution gouvernementale et dépend du Ministère de l'Economie Nationale. Comme succursale de l'Observatoire de Sestola on entretient également une vedette météorologique spéciale tout à fait sur le sommet isolé du Mont Cimone, à 2160 mètres sur le niveau de la mer

Dans l'Observatoire de Sestola on fait depuis plus de trente ans, les observations météorologiques ordinaires aux heures normales et de plus on fait à Sestola et quand cela est possible aussi sur le Cimone, des observations météorologiques spéciales horaires dans les jours établis par la Commission Internationale pour les lancements aérologiques simultanés

Mais, en plus que d'accomplir la tâche générale des observations de pure météorologie, l'Observatoire de Sestola a servi, en raison de sa position et de son altitude élevée, à de nombreuses recherches de la physique de l'air dues particulièrement à l'œuvre des professeurs Chistoni et Pacini

Le prof Chistoni, qui auparavant était à l'Université de Modène et passa ensuite à celle de Naples, séjournerait d'habitude pendant l'été près de l'Observatoire de Sestola et il y a fait une longue série de mesures systématiques de la radiation thermique du soleil avec le pyrélomètre à compensation d'Angstrom. Mr Videmari qui dirige cet Observatoire pendant beaucoup d'années a aussi prêté sa collaboration dans ces mesures

Pendant l'été 1908 le prof Pacini, geophysicien de l'Office Royal Central Meteorologique de Rome fut envoyé en mission à Sestola, où il initia ses travaux, fort appréciés, d'électricité atmosphérique avec une première étude sur la radiation pénétrante¹⁾

En 1909 le même Auteur institua, à Sestola des mesures sur la radio activité de l'atmosphère) qui permirent d'établir, pour la saison d'été les variations locales de la radio activité totale induite avec les éléments météorologiques et de plus les changements du rapport entre l'induction du radium et celle du thorium en connexion principalement avec les variations de la pression barométrique et de la direction du vent. Ainsi, par exemple, il fut observé à Sestola que les vents de caractère cyclonique descendants des hautes montagnes du S W sur la station, déterminent dans l'air une augmentation dans la quantité relative des produits du radium, tandis que ceux provenant des vallées et de la plaine du Po apportent une augmentation dans la quantité des produits du thorium.

Par l'œuvre du prof Pacini, on a effectuée à Sestola (et toujours pendant la saison d'été) de mesures soignées de spectrophotométrie céleste. Deux publications bien connues de M. Pacini se réfèrent à ces recherches. Dans l'une²⁾ sur le bleu du ciel et la constante de Avogadro le prof Pacini pour la première fois est parvenu à une valeur de la constante de Avogadro qui, tout en devant se considérer comme un minimum, est toutefois assez proche de celle de sormais établie par des voies complètement différentes.

Dans l'autre publication³⁾ l'Auteur recherche quelles variations interviennent dans la distribution de l'intensité lumineuse dans le spectre de la lumière du ciel, par la variation de la nébulosité.

Enfin pendant les vacances de 1922 à 1924 le prof Pacini a institué dans cet Observatoire de montagne des recherches sur le courant électrique vertical⁴⁾. Les observations qu'il a faites, l'ont conduit à une explication très probable des variations connues du champ et du courant vertical par effet de la brume ou du brouillard. Dans ces variations entrent essentiellement en action les gros ions positifs, qui se trouvent toujours en grand excès sur les sommets des montagnes. D'après l'auteur, cette fonction des ions positifs peut s'étendre du moins partiellement, à donner l'explication du phénomène analogue observé aussi dans les plaines.

Mais si ces travaux ont de l'importance comme recherches originales de géophysique, ils en ont évidemment moins pour les fins

¹⁾ Pacini *Sulle radiazioni penetranti* Rend Lincei Vol XVIII 1909

²⁾ Pacini *Sui prodotti del radio et del torio nell'atmosfera* Nuovo Cimento Vol XIX 1910

³⁾ Pacini *Il blu del cielo e la costante d'Avogadro* Nuovo Cimento Vol X 1915 1910

⁴⁾ Pacini, *Studio spettrofotometrico della luce del cielo* Mem Spettroscopisti Vol VIII 1919

⁵⁾ Pacini *Osservazioni sulla corrente verticale di conduzione atmosferica* Rend Lincei 1925

de la climatologie, pour lesquels il y a la necessite de longues et systematiques observations, comme celles si admirablement conduites dans l'Observatoire physique meteorologique de Davos sous la direction habile et savante du prof Dorno

Nous nous proposons maintenant de faire en Italie quelque chose de semblable au moins pour ce qui concerne la radiation solaire thermique et celle ultraviolette, mais bien qu'en se limitant aux observations les plus simples, je pense que la difficulte la plus grande a ce propos est celle de la necessite que ces observations soient continuellement surveillees par le physicien qui les a instituees et qui devra les interpreter. Si l'Institut de Davos est devenu le mieux outille et le plus accredite de l'Europe dans tout cet ordre de recherches geophysiques, cela est dû, sans doute, a la presence constante et a l'oeuvre infatigable d'un physicien excellent comme le prof Dorno

Le variazioni periodiche della temperatura nel clima di montagna

Prof *F Eredia*, Roma

— —

Il prof Hellmann vi ha parlato degli estremi che raggiungono alcuni elementi meteorologici e dai quali risulta la grande facoltà del nostro organismo ad adattarsi a valori molto diversi

E specialmente ciò che da tenere presente per la temperatura le cui influenze sul nostro organismo sono ancora più dirette

Voglio ora fermare la nostra attenzione sulle variazioni che avvengono con una certa frequenza e che pertanto potrebbero chiamarsi variazioni periodiche. E in particolar modo di quelle relative alla temperatura dell'aria. La curva rappresentatrice dell'andamento mensile della temperatura dell'aria presenta spesso delle irregolarità, delle oscillazioni della cui entità sulla definizione del clima ordinariamente non si tiene conto. Così pure se seguiamo l'escursione diurna per i singoli giorni di un mese, si constata in alcune epoche dell'anno una grande variabilità che non viene a sua volta segnalata nella definizione del clima. Pur trascurando le grandi variazioni che occasionalmente si verificano e come tali non possono prendersi in esame per definire il clima di una località, ritengo che non possiamo trascurare tutte quelle variazioni che si ripetono con sufficiente frequenza e che per se stesse contribuiscono a formare l'ambiente climatico.

Queste variazioni ben possono determinarsi a mezzo delle curve di frequenza i cui valori vengono ottenuti contando il numero delle volte che furono constatate variazioni mensili e variazioni diurne comprese tra dati limiti e variabili da caso a caso.

Così per il Lazio di cui ho considerato i dati termometrici rilevati in un decennio a Roma (m. 54) a Frascati, Mondragone, (m. 435) e a Rocca di Papa (m. 760) Monte Cavo (m. 980) ho adoperato i seguenti aggruppamenti. Per la variazione della temperatura media diurna

inferiore a 1° tra 1° e 2° tra 2° e 4° e superiore a 4° ,
per la variazione diurna, ossia per l'escursione, ho adoperato questi altri aggruppamenti

inferiore a 2° , tra 2° e 4° , tra 4 e 6° e superiore a 6°

Per il versante orientale della Sicilia sottoposto al monte Etna, ho considerato i dati di un decennio relativi alle seguenti località

Catania (68), Nicolosi (700), Cantoniera (1887), Osservatorio Eteo (2990) Ed ho impiegato tanto per la variazione della temperatura media diurna quanto per la escursione i medesimi raggruppamenti

inferiore a 2°, da 2° a 4°, da 4°, 6° tra 6° e 8° e superiore a 8°

I risultati a cui si è pervenuto sono i seguenti

Per il Lazio si ha

in inverno massime variazioni della temperatura del giorno e minime variazioni dell'escursione a Roma

A Frascati minime variazioni della temperatura del giorno e dell'escursione

A Rocca di Papa invece minime variazioni della temperatura del giorno e massimi valori dell'escursione

Nell'estate avviene il contrario e cioè a Roma minime variazioni della temperatura del giorno e massime escursioni, mentre le ottime condizioni constatate in inverno a Frascati si trovano a Rocca di Papa, cioè abbiamo qui minimi valori tanto nella variazione diurna della temperatura quanto nell'escursione

In Sicilia avviene qualche cosa di analogo e cioè il livello delle minime variazioni della temperatura del giorno e delle escursioni si eleva no portandosi dall'altitudine di 700 m a cui si trova nell'inverno a quella di 1887 m nell'estate

Se noi quindi vogliamo sottoporre gli organismi malati a quelle variazioni termiche che il medico ritiene più opportune possiamo avvalerci degli anzidetti elementi per ottenere le condizioni ottime di soggiorno

I numeri che illustrano le condizioni anzidette mostrano la grande importanza pratica della costruzione delle curve di frequenza tanto della temperatura media del giorno quanto della escursione. E se tali ricerche fossero condotte in altri luoghi, potremo raccogliere molti elementi atti a meglio definire il clima di collina e il clima di montagna, che termicamente acquista caratteri ben diversi a seconda dell'orografia della regione in esame

Demonstration des bimetallichen Kompensationspyrheliometers ¹⁾

Von Dr. *Leo Wenzel Pollak* Privatdozenten der deutschen Universität in Prag

Die bisher im Gebrauche befindlichen bimetallichen Aktinometer nach *Michelson Marten* messen wie wohl als allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf mit einem Mikroskop die Verbiegung einer geschwartzten bimetallichen Lamelle unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung. Sie sind für die Meteorologie und Klimatologie der Sonnenstrahlung, trotzdem sie nur Relativwerte geben, unentbehrlich geworden da ihre Empfindlichkeit bei gleicher Einfachheit der Konstruktion bisher nicht überboten werden konnte.

Der Nachteil der bimetallichen Aktinometer ist der, daß sie von Zeit zu Zeit durch Apparate nach *Abbot* oder *Angstrom* geeicht werden müssen.

Es sei zugegeben daß bei entsprechend vorsichtiger Behandlung die Unsicherheit in der Konstanz des Skalenwertes sehr klein gehalten werden kann und die Ermittlung des Fichfaktors für ein festes Observatorium mit einem Normal Instrument etwa nach *Angstrom* das Ideal bleiben wird.

Es wird aber wohl kaum in Abrede gestellt werden können daß ein vorsichtiger Forscher auf einer größeren Reise entweder drei gut verglichene *Michelson Instrumente* oder zwei *Michelson* und ein Standard Instrument mitnehmen wird.

Da mir kein *Angstrom Instrument* für eine beabsichtigte größere Reise zur Verfügung stand faßte ich den Gedanken das bimetalliche Aktinometer so abzuändern daß ich seinen Eichfaktor ohne Zuhilfenahme eines Normal Instrumentes ständig unter Kontrolle halten kann.

Um Mißverständnissen vorzubeugen betone ich daß alle meine am bimetallichen Aktinometer angebrachten Änderungen lediglich den Zweck verfolgen dasselbe für Reisen vornehmlich zur See und in der Luft meinen etwas ungeschickten Händen anzupassen.

An der Hand dieses Versuchsmodells will ich nun die von mir vorgenommenen Änderungen besprechen.

1. Das Kuplergehäuse wurde beträchtlich größer gemacht. Es besteht aus drei Teilen dem inneren Kupfermantel einer Korkhülle und einem hochglanzpolierten Blechgehäuse.

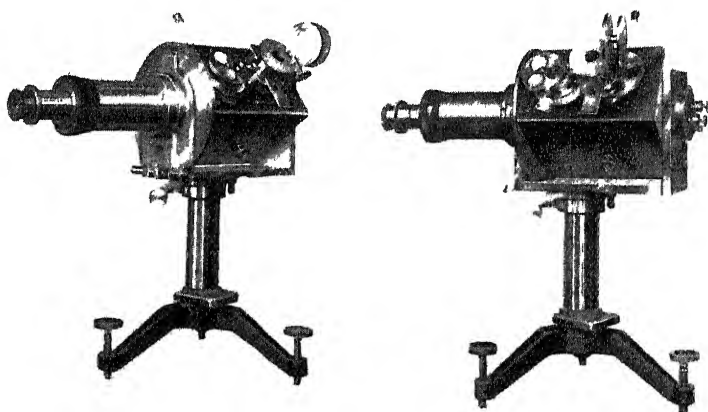
2. Der Höhenkreis wurde vergrößert und seine Ablesung kann mit Nonius auf ein Zehntel Winkelgrad vorgenommen werden. Sowohl in der

¹⁾ Meteorol. Zeitschr. 1925 Heft 5. Zeitschr. f. Instrumentenk. 45 S. 247—248 1925.

Hohe als auch im Azimut ist Feinbewegung vorgesehen. Statt der Dosen Libelle wurde das bimetallische Kompensations Pyrheliometer mit einer Kreuz Libelle ausgestattet. Das Innere des Gehäuses (Mantels) ist von zwei Seiten zugänglich, damit thermometrische Körper eingebracht werden können.

3 Bei meinen Messungen mit dem *Michelson Marten* sehen Instrumente empfand ich es besonders schwierig, den Sucher scharf einzustellen. Dieser Sucher, den ich bei meinem Instrumente nur als Grobsucher verwendete, ist für eine Seereise bei schwankendem Schiffe überhaupt unbrauchbar und hat weiter den Nachteil, daß der Beobachter das Auge vom Okular des Mikroskopes entfernen muß, um die bestrahlte bimetallische Lamelle gegen die Sonnenstrahlen richtig zu orientieren. Die schärfste Einstellung des Suchers bei jeder Einzelmessung ist uneinlässig, wenn man nicht gleich um viele Prozente falsche Werte gegenüber der Fehlung, die ja in vollster Maße vorgenommen werden kann, erhalten will.

Ich habe deshalb einen Sucher im Okular des Mikroskopes anzubringen versucht. Dieser Sucher verwendet einen Teil des bisher ausschließlich zur Beleuchtung des ersten Spiegels bzw. Spinnwebfadens und Slala benutzten Lichtes. Seinen Objektiv Bestandteil zeigt die Abbildung.)



Durch eine nach allen Richtungen mit Milliontheilstrich und Nonius verschiebbare unter 45 Grad geneigte spiegelnde jedoch unbelagte Glasplatte wird das winzige Sonnenbild neben die zur Intensitätsmessung der Sonnenstrahlung erforderliche Slala geworfen und in der Mitte einer kreisförmigen Marke sichtbar. Ein Revolver mit Milchglas in verschiedener Trübung und ein im Strahlengang eingeschaltetes Rauchglas sorgen für entsprechend regulirbare Schwächung der Lichtstärke dieses Sonnenbildchens. Die Justirung des neuen Suchers erfolgt ebenso wie die des

) Versuchsmodell von *L. W. Pollak's* bimetallischem Kompensationspyrheliometer hergestellt von der optisch-mechanischen Werkstatt Sib & Stys in Prag.

alten mit der Sonne auf das Maximum des Ausschlages der sehr empfindlichen Lamelle

Im übrigen wird der Olulaisucher bei dem in Arbeit befindlichen zweiten vollständig umgebauten und handlicheren Instrumente anders konstruiert sein

4 Den früher genannten Nachteil des bimetalischen Aktinometers nach *Michelson Marten* nämlich daß sein Eichfaktor auf Reisen nicht ständig in einfacher Weise kontrollierbar ist sucht das bimetalische Kompensations Pyheliometer dadurch zu beseitigen daß eine elektrisch heizbare bimetalische Lamelle Verwendung findet

Statt der bisher benutzten bimetalischen Lamelle wird ein in der Mitte teilweise geschlitzter bimetalischer Streifen verwendet dessen Enden zu elektrischen Kontakten führen. Dadurch ist es möglich einen elektrischen Strom durch die Lamelle zu schicken und die Prüfung des Eichfaktors beliebig oft und ohne Standard Instrument vorzunehmen

Die Heizung erfolgt am besten mit einem kleinen Akkumulator im Notfall mit dem unter guter Kontrolle zu haltenden Stadtstrom der Lichtleitung der mit Lidstopfen und Vorschalt Widerstand ohne weiteres verwendbar ist. Der Strom wird mit irgend einem empfindlichen Amperemeter gemessen

Auf einer Reise erspart man dadurch die Mitnahme des kostbaren *Angstrom* schen Instrumentes und eines Strommeßgerätes. Uebrigens besteht ein einziger Beobachter die Prüfung des Eichfaktors die auch zur Abendzeit in gleichmäßiger Temperatur im Wohnzimmer oder der Schiffskabine bei vollkommener Isolation vorgenommen werden kann

Bei der Konstruktion des Lamellenhalters wurde darauf Bedacht genommen daß die Auswechselung von beschriebenen Lamellen einfach verläßlich und rasch vorgenommen werden kann. Die nummerierten und zuhause gezeichneten Lamellen können in präzisester Weise in den Lamellenhalter eingesetzt werden. Eine Kontrolle mit dem Kompensationsstrom überzeugt den Beobachter nach einem Wechsel der Lamelle von der Unversehrtheit des Lichtfaktors der eingeführten neuen Lamelle. Der Lamellenhalter wird nicht mit Schraube sondern mit Feder bewegt was den Vorteil bietet daß eine Beschädigung der Lamellen finden ausgeschlossen ist

Statt der im *Martens* schen Instrument verwendeten Glaslinsen werden unzerbrechliche imprägnierte Bambus bzw. Celluloid Fäden benutzt. Bambus ist spezifisch leichter als Glas die Fäden können dabei entsprechend stufen gehalten werden. Das schon erwähnte zweite Modell wird überhaupt keine Verlängerung der Lamelle durch Fäden benötigen

Das Lamellen Material erhielt ich nachdem mir Herr Prof. *Marten* in Potsdam dankenswerterweise seine Bezugsquelle genannt hat von der Valuum Schmelze *Heraeus* in Hanau i. Main. Die Dicke der Lamelle variiert zwischen 0.04 bis 0.05 Millimeter

Ich muß noch die mögliche Ableitung von Wärme durch die Stromklappen und einen eventl. dadurch erzeugten Rind Effekt hervorheben

Zunächst möchte ich erwähnen daß auch das Original Instrument *Michelsons* wie eine Zeichnung desselben mich gelehrt hat einen Lamellenhalter aus Metall benutzt der mit dem Gehäuse in wärmeleitender Verbindung steht. Ob bei den Instrumenten Prof. *Martens* die von *Schulze* in Potsdam erzeugt werden die Sache anders ist kann ich nicht sagen. Bei meinem Instrumente sitzt die Lamelle auf Hartgummi und es wird vorgesorgt werden daß die jetzt ganz kleinen Kontakte der Stromzuführungen beim nächsten Modelle bei der Messung der Sonnenstrahlung abhebbar gemacht werden. Auch der eventl. Einfluß der Klappen wird so leicht feststellbar sein

Eine an mich gerichtete Frage bestimmt mich zu erklären daß sowohl die Konzeption als auch die Durchführung der oben beschriebenen Konstruktion des bimetalischen Kompensations Pyheliometers unter

keinerlei Beihilfe des derzeit in Prag lebenden russischen Meteorologen *F. Volsin* entstanden ist. Im Gegenteil er hat es, wenigstens mir gegenüber, abgelehnt eine Reihe der früher genannten Neuerungen auch nur versuchsweise an einem der von ihm erzeugten *Michelson Marten* schen Instrumente anzubringen.

Zusammenfassend möchte ich hervorheben daß mein bimetalesches Kompensationspyrheliometer jederzeit als *einfaches Michelson Marten's*ches Instrument verwendet werden kann, dabei aber die Möglichkeit gegeben ist, den Eichfaktor ständig durch *Selbsterchung* unter Kontrolle zu halten und die Senkrechtstellung der Lamelle präziser als bisher durchzuführen.

Verdunstungsmessungen an freien Wasserflächen im Hochgebirge

Von Dr. *J. Maurer* Direktor der eidgen. meteorolog. Zentralanstalt,
und Oberingenieur *O. Lutschg*

Die Kenntnis der Verdunstungsgröße freier Wasserflächen, insbesondere von Seen, ist für den Hydrotechniker wie für den Meteorologen und Hygieniker von Bedeutung. Für die tieferen Lagen ist die Aufgabe der Verdunstungsmessung in den letzten Jahrzehnten an freien Gewässern bedeutend gefordert worden, wobei die Verdunstungsgröße meist an einem in das Gewässer eingetauchten Gefäß gemessen worden ist. Wir nennen an dieser Stelle nur die bedeutende, von der preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde publizierte Arbeit¹⁾ über die auf dem Grimnitzsee in der Uckermark veranstalteten Versuche.

Für das *Hochgebirge* fehlten Verdunstungsmessungen, ausgeführt an kleineren und größeren Wasserflächen, bis jetzt gänzlich. Im Anschluß an die von uns in den Jahren 1911 und 1912 begonnenen Vorversuche, die Größe der Verdunstung freier Wasserflächen an einzelnen nordalpinen Seen durch eine direkte hydrometrische Vermessung festzustellen, nahm das eidgen. Amt für Wasserwirtschaft dieses wichtige meteorologisch hydrologische Problem für die Zone des Hochgebirges in ausgedehntem Maße auf und stellte die nötigen Kräfte und finanziellen Mittel dafür bereit.

Schon von Anfang an nahm auch der eine der Referenten (*J. Maurer*) regen Anteil an der Weiterführung dieser Arbeit, die seit 1915 unter der kundigsten Leitung des Oberingenieurs *Otto Lutschg* gestanden hat, der seit 1924 der meteorologischen Zentralanstalt als sehr willkommener Mitarbeiter im Fach der Hydrologie zugeteilt ist.

Wer je mit einer hydrometrischen Vermessung sich beschäftigt hat, die den Zweck verfolgt, aus Zu- Abfluß und Wasserspiegel-

¹⁾ *Bindemann II*. Die Verdunstungsmessungen der Preussischen Landesanstalt für Gewässerkunde auf und an dem Grimnitzsee und am Werbellinsee bei Joachimsthal in der Uckermark. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen Bd. 3 Nr. 3 Berlin 1921.

schwankung die totale Verdunstung eines Sees zu ermitteln, weiß zur Genüge, mit welchen Hindernissen dies verbunden ist, auch eignen sich nur wenige Seen dazu. Die vorgenannten Messungen ausgeführt an den hochgelegenen Simplonsees, stehen in dieser Hinsicht wohl einzig da. Auch das amerikanische Hochgebirge kennt sie bis zur

Verdunstungsmessungen im Vispgebiet mittelst poröser Tonzylinder (Livingtonsche Altimeter) für die Ermittlung der Verdunstungskraft der Luft in verschiedenen Höhenlagen

Zeitraum 12 Juli bis 30 Oktober 1920

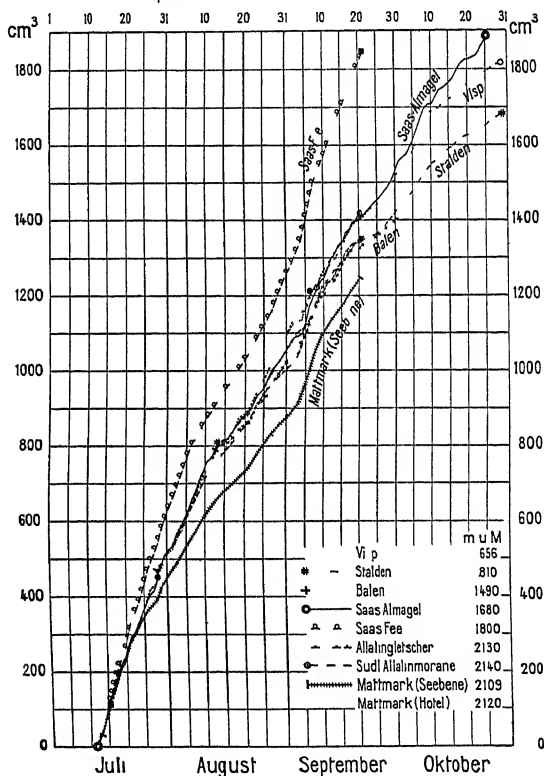


Diagramm 1

Stunde nicht Einen Einblick in die erhaltenen reichen Ergebnisse gewährt eine besondere Publikation in der „Schweiz Wasserwirtschaft“ (1924/25), auf die wir an erster Stelle hier verweisen. Dem gefl. Entgegenkommen der Redaktionskommission verdanken wir die Möglichkeit, unsere Fachkollegen auch an dieser Stelle durch einen gedrängten Auszug mit den Resultaten der großen Arbeit bekannt zu machen.

Die Messungen begannen im Jahre 1915 und wurden zuerst mittels offener kreisförmiger Gefäße aus Zinkblech von 30 und 50 cm Durchmesser und Tiefe sowie mittels poröser Tonzylinder (*Livingston'sche* Atmometer) und Schalen aus Glas von 24 und 28 cm Durchmesser und 8 cm Tiefe im oberen Saastal (Vispgebiet Wallis) aufgenommen. Die Messungen mittels der erwähnten Zinkgefäße erfolgten zuerst am Mattmarksee (Sommer 1915 und 1916) in einer Höhenlage von rund 2100 m über Meer.

Die Vorversuche mittels poröser Tonzylinder und Glasschalen in verschiedenen Höhenlagen des Saastales (vom 12. Juli bis 26. Oktober 1920) erfolgten in Visp (656 m über Meer), Stalden (810 m), Bülen



Fig. 2

Hopschensee am Simplonpaß 2017 m u. M. von Süden gesehen

(1490 m), Almagel (1680 m), Saastal (1800 m), Mattmark-Ebene (2109 m), Hotel Mattmark (2120 m) sowie am Allalingsletscher (2130 m).

Aus den Versuchen mit Zinkgefäßen im Mattmarksee (Sommer 1915) ergaben sich pro 24 Stunden Werte der Verdunstungsgrößen, die zwischen 6,2 und 2,0 mm schwankten, je nach der Wetterlage. Der Höchstwert von 6,2 mm entspricht einer warmen, durchaus heftigen, von leichten Nordwinden begleiteten Witterungsperiode.

Aus den Versuchen vom Sommer 1916 im Mattmarksee ergaben sich pro 24 Stunden im Juli und August Werte der Verdunstung, die sich innerhalb der Grenzen von 1,6 bis 3,4 mm bewegten.

Ueber die Ergebnisse mittels poroser Tonzylinder und Schalen aus Glas in den schon erwähnten verschiedensten Höhenlagen des Saastales (Vispgebiet Wallis) verweisen wir gern auf die Originalarbeit Unser Diagramm 1 gibt einen graphischen Ueberblick über die Resultate der zuletzt erwähnten Messungen in der Zeitperiode vom 12 Juli bis 30 Oktober 1920

Samtliche Versuche waren stets begleitet von regelmäßigen Beobachtungen der hauptsächlichen meteorologischen Elemente, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit usw

Die Hauptserien der Versuche wurden sodann im Gebiet der *Simplonpaßhöhe* ausgeführt (Abbildungen 2 und 3) Die Verdun-



Fig 3

Hopschensee am Simplonpaß 2017 5 m u M von Norden gesehen

stungsmessungen auf dem Simplonkulum erfolgten am Hopschensee, westlich der Simplonpaßhöhe (2017 m über Meer) ferner an den Niederalpseen, am Westfuß des Hubschhorns (2050 und 2130 m) und an den Neuhutenseen oberhalb Hopschen am Ostfuß des Schenhorns (2187 m), in der Zeit vom 25 Juli bis 23 Oktober 1921

Während die Verdunstungsversuche am Mattmarksee mittels in den See eingetauchten Blechgefäße und die Messung der Verdunstungsgröße mittels des Abstichverfahrens ausgeführt wurden erfolgte nun die Ermittlung der Verdunstungsgrößen des Hopschensees auf Simplonkulum in hydrometrischer Art, wie früher, 1911 und 1912, an den nordalpinen Seen Greifen und Zürichsee Zuger- und Aegeri

Bei der Untersuchung wurde festgestellt 1 die dem See zustromende Wassermenge, 2 die aus dem See abfließende Wassermenge, 3 die Seespiegelschwankung und 4 die auf die Seefläche entfallende Regenmenge. Parallel mit den Verdunstungsmessungen am Hopschensee kamen ferner auf der Hopschenwiese, zunächst des Sees und an dessen Ufer auch Verdunstungsmessungen mittels Glasschalen und *Livingston* schen Tonzylinderflaschen zur Ausführung. Für die Messung der Lufttemperatur und der Feuchtigkeit benutzte man in Hopschen an geeigneter Lage Thermographen und Präzisionsthermometer, Hygrophographen und gut geeichte Hygrometer. Zur Messung der Windgeschwindigkeit diente ein sorgfältig geprüfter Windflügel. Die Regenmenge wurde mit Hilfe eines *Hellmann* Regenmessers (16 cm) gemessen, der zunächst westlich des Hopschensees seine Aufstellung erhielt. Die Höhe des Seenniveaus wurde nach dem Abstichverfahren auf peinlich genaue Weise ermittelt. Um den Genauigkeitsgrad der Einzelbeobachtungen zu erhöhen sind die Resultate der täglich gemessenen Seespiegeländerungen einer Ausgleichung unterworfen worden. Die totale Untersuchungsperiode vom 25 Juli bis 23 Oktober 1921 läßt sich in vier verschiedene Einzelperioden zerlegen, nämlich in 1 eine Trockenperiode vom 25 Juli bis 10 August (16 Tage), 2 eine nasse Periode mit viel Regen vom 10 bis 25 August (15 Tage), 3 eine feuchte Periode mit zeitweisem Regen vom 25 August bis 23 September (29 Tage) und 4 eine zweite Trockenperiode vom 23 September bis 23 Oktober (30 Tage). Die Ergebnisse sind übersichtlich in den nachstehenden beiden Tabellen 1 und 2 enthalten. Die Abbildung 4 gibt überdies betreffend Größe und Verlauf der Verdunstung, der Oberflächentemperaturen des Hopschensees, der Lufttemperaturen, der Luftfeuchtigkeit und des Sättigungsfehlbetrages Auskunft.

Hopschensee westlich der Simplonpaßhöhe 2017 m u. M.
Mittlere Windstärke Mittlere Wassertemperatur Niederschlag
Verdunstung

I Zusammenstellung nach Monaten geordnet

Monate 1921	Mittl. Wind- stärke m/sec	Wassertem- peratur ¹⁾	Nieder- schlags- höhe mm	Seever- dunstung in mm Total	Maxima	Minima
25 Juli bis 1 August (7 Tage)	ca. 2.9	18.0°	0.4	29.0 <small>10 Tage I</small>	47 <small>28/29 VII</small>	31 <small>29/30 VII</small>
1 Aug. bis 1 Sept. (31 Tage)	3.1	13.3°	146.3	73.5 <small>I</small>	77 <small>6/7 VIII</small>	02 <small>0/21 VIII</small>
1 Sept. bis 1 Okt. (30 Tage)	2.7	12.2°	63.9	54.5 <small>18</small>	37 <small>9/10 IX</small>	035 <small>1/1 IX</small>
1—30 Okt. (22 Tage)	2.45	9.2°	0.0	41.3 <small>19</small>	34 <small>8/9 d 9/10 X</small>	09 <small>6/7 X</small>

¹⁾ Mittelwerte aus den Morgen- und Abendbeobachtungen
1) 25 Juli 8 h bis 1 August 8 h

II Zusammenstellung nach Perioden geordnet

Periode 1921	Mittl Wind starkm/sec	Wassertem peratur ¹⁾	Nieder schlags höhe mm	Seever dunstung in mm Total	Maxima	Minima
I Trockene Periode vom 25 Juli bis 10 Aug (16 Tg.)	2 9	17 3°	3 1	70 7 <small>p r Tag 7 4</small>	7 7 <small>6 / 7 VIII</small>	1 7 <small>1 / 7 VIII</small>
II Nasse Periode vom 10—25 Aug (15 Tage)	3 5	12 0°	143 6	18 1 <small>1</small>	2 15 <small>30 / 11 I 1 / VIII</small>	0 2 <small>0 / 1 VIII</small>
III feuchte Periode vom 25 Aug bis 23 Sept (29 Tg.)	2 8	12 2°	63 9	53 5 <small>1 8</small>	3 75 <small>9 / 10 VIII</small>	0 35 <small>2 / IX</small>
IV Trockene Periode vom 23 Sept bis 23 Okt (30 Tg.)	2 4	9 9°	0 0	56 0 <small>1 0</small>	3 4 <small>8 / 9 u 9 / 10 X</small>	0 9 <small>6 / 7 X</small>
Ganze Periode 25 Juli bis 23 Oktober (90 Tage)	2 8	12 3°	210 6	198 3	7 7 <small>1 / 7 VIII</small>	0 2 <small>0 / 1 VIII</small>

*Hopschensee westlich der Simplonpaßhöhe 2017 m u. M. 2) Juli
bis 23 Oktober 1921*

Ergebnisse der Verdunstungsmessungen mittels der Tonzylinder und
Glasschalen und derjenigen am Hopschensee

III Zusammenstellung der Ergebnisse nach Monaten geordnet⁴⁾ (Monatssummen und Mittelwerte pro Tag in mm)

Monate 1921	Tonzylinder			Glasschalen				Seeverdunstung	Temperatur	
	Freie Station	See Ost	See West	Freie Station		Gedekte Station			Luft ()	Wasser () (Hopschen see)
				Große Schale	Kleine Schale	Große Schale	Kleine Schale			
25 Juli 8 h bis 1 Aug 8 h (7 Tage) pro Tag	33 9 4 84	26 4 3 77	26 3 3 76	51 3 7 33	52 5 7 50	11 1 1 59	11 1 1 59	29 0 4 14	14 8°	18 0°
1 August bis 1 Sept (31 Tage) pro Tag	92 7 2 99	72 2 2 33	71 1 2 29	147 4 4 75	158 1 5 10	129 9 0 96	28 4 0 92	73 5 2 37	9 5°	13 3°
1 Sept bis 1 Oktober (30 Tage) pro Tag	83 4 2 78	67 6 2 25	69 8 2 33	125 9 4 20	133 3 4 45	124 1 0 80	23 6 0 79	54 5 1 82	9 1°	12 2°
1 —23 Oktober (22 Tage) pro Tag	73 4 3 34	55 7 2 53	55 7 2 53	90 0 4 09	94 8 4 31	21 3 0 97	22 3 1 02	41 3 1 88	7 7°	9 2°
Ganze Periode vom 25 Juli bis 23 Okt (Total 90 Tage) pro Tag	283 4 3 15	221 9 2 47	222 9 2 48	414 6 4 61	438 8 4 88	86 5 0 96	85 5 0 95	198 3 2 20	9 3°	12 3°

¹⁾ Ueber die meteorologischen Elemente gibt Diagramm 4 Aufschluß

⁴⁾ Mittelwerte aus den Thermographenaufzeichnungen

⁵⁾ Mittelwerte aus den Morgen und Abendbeobachtungen (8 h und 18 h)

Die Verdunstung des *Hopschensees* beträgt somit für die ganze Beobachtungsreihe vom 25. Juli bis 23. Oktober 1921, d. h. in 90 Tagen 198,3 mm gleich 2,2 mm im Mittel pro Tag. Die *maximale* Verdunstung pro Tag während der ganzen Periode erreicht einen Betrag von 7,7 mm (6./7. August), die *minimale* einen solchen von 0,2 mm (20./21. August).

Im Sommer 1921 erfolgte das Schwinden der Eisdecke des Hopschensees ungefähr am 15. Juli, die Schließung des Sees am 1. November. Setzen wir nun unter Berücksichtigung der obigen Ergebnisse als Verdunstungsbetrag für den Zeitraum vom 15. bis 25. Juli eine Größe von total 40 mm und vom 23. bis 31. Oktober eine solche von 12 mm ein, so ergibt sich als *Gesamtbetrag* für den relativ warmen Sommer und Herbst 1921 (1. Juli bis 31. Oktober) eine Verdunstung von $40 + 198 + 12 = 250$ mm. Der *Gesamtmittelwert* aus den 123 Tagen erreicht also eine Höhe von 2,03 mm pro Tag.

Die Zusammenstellung (Tabelle 3) enthält noch die Ergebnisse der Verdunstungsmessungen mittels der Tonzylinder (Atmometer *Lüvingston*), Glasschalen und derjenigen am Hopschensee. Der Einblick in das Gesamtergebnis wird dadurch vollständig.

Als abgerundetes Ergebnis der bisherigen Verdunstungsstudien im hochgelegenen Simplongebiet erhält man kurz folgendes:

Die Verdunstung auf den hochalpinen Seen ist im Allgemeinen kleiner als auf den Seen am Fuß der Alpen. Bei eistenen wird die Verdunstung durch den verminderten Luftdruck etwas begünstigt, dieses bescheidende Plus jedoch durch die tieferen Temperaturen reichlich aufgehoben. Oftliche Verhältnisse dürften in positivem oder negativem Sinn entscheidend ins Gewicht fallen. In Betracht kommen namentlich alle diejenigen Faktoren, die die Temperatur des Wassers bestimmen: die mehr oder weniger exponierte Lage des Sees und seines Einzugsgebietes hinsichtlich der Besonnung, und des Windinflusses, der Charakter der Zuflüsse, die Größe der Seefläche und die Tiefe des Sees, die Mächtigkeit der Schneedecke der Charakter des Geländes.

Im zweiten Teil des Vortrages behandelt Oberingenieur O. Lutschky das Verdunstungsproblem einer ganzen Hochgebirgslandschaft, nämlich des im obersten Teil des Saastals liegenden, 37 km umfassenden Mattmarkgebietes (Mittlere Höhe = 2800 m u. M. Vergletscherung = 37%).

Die *Einzel* Verdunstungsmessungen im Saastal und auf Simplonkühn zeigen in kaum überbietbarer Deutlichkeit, daß das Maß der Verdunstung fast von Stelle zu Stelle sich ändert. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn sogar in maßgebenden Kreisen schon Zweifel aufgestiegen sind, ob sich das Verdunstungsproblem überhaupt erfassen lasse. Allen diesen Zweifeln hält der Hydrologe entgegen, daß die mittlere Jahresverdunstung durch den *Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß* gegeben ist.

Auf die Flußgebiete als *Ganzes* bezogen ist die Verdunstung — Professor Karl Fischer in Berlin hat schon mehrfach darauf hingewiesen — eine *halbe Invariante*. Wie sie sich bis zu einem gewissen Grade dagegen straubt in den *räumlichen* Schwankungen des mittlern

Niederschlag teilzunehmen, so nimmt sie auch an den in demselben Gebiet von Jahr zu Jahr vor sich gehenden Niederschlagsschwankungen nur in stark abgeschwächtem Maße teil. Die Verdunstung verhält sich hierin eben so ganz anders als der Abfluß und diese Eigenschaft einer Halbinvarianten müssen wir uns immer und immer wieder vergegenwärtigen wenn wir gegenüber dem Gewirr der einzelnen Verdunstungswerte den Mut nicht verlieren wollen (*Fischer*)

Für das Studium der Beziehung zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung bedarf es, neben den Sondereigenschaften des Untersuchungsgebietes⁶⁾, vor allem durch die Beobachtung gesicherter Unterlagen und einer *scharfen* Kritik des der Untersuchung zur Verfügung stehenden Grundmaterials

Die Beziehung zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in einer orographisch und geologisch hydrologisch *geschlossenen* Hochgebirgslandschaft, wie sie das stark vergletscherte Untersuchungsgebiet von Mattmark darstellt, wird dadurch verwickelter daß einerseits ein Teil des Niederschlages in natürlicher Aufspeicherung als Schnee im Nährgebiet der Gletscher zugunsten der Zukunft zurück bleibt (Rücklagen) andererseits aber Wasser aus dem Abschmelzgebiet der Gletscher in den Abfluß oder in die Verdunstung eintritt das aus weit zurückliegenden Niederschlägen stammt (Aufbruch früherer Rücklagen). Diesen Teilen des Niederschlages und des Abflusses kommen bei der Behandlung des Unterschiedes zwischen Niederschlag und Abfluß, d. h. bei der Ermittlung der Verdunstung große des Gesamtgebietes erhöhte Bedeutung zu

⁶⁾ Die Meßstelle der Abflußstation muß selbstverständlich den gesamten Abfluß des Untersuchungsgebietes erfassen

Verdunstungsmessungen an der Kuste, im Flach und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern

Von Prof. Dr. *Joh. Schubert* Leiter des physikalisch meteorologischen Instituts der Forstlichen Hochschule Eberswalde

Zu den Witterungsvorgängen welche für das Gedeihen der Pflanzen- und Tierwelt, wie insbesondere für das Wohlbefinden des Menschen von Bedeutung sind gehört die Verdunstung. Wir messen sie durch die Menge Wasser, welche auf der Flächeneinheit in der Zeiteinheit in Dampf übergeht oder durch die Höhe der verdunsteten Wasserschicht.

Während die Ermittlung der Verdunstung nicht allgemein zu den Aufgaben der meteorologischen Beobachtungsnetz gehört, sind auf den Stationen der forstlichen Versuchsanstalten in Deutschland regelmäßige, langjährige Messungen ausgeführt. Die quadratischen Verdunstungsgefäße waren 0,2 Quadratmeter groß, 0,1 Meter hoch, etwa 1½ Meter über dem Erdboden aufgestellt und gegen Regen und Sonne durch ein vierseitiges spitzen Dach geschützt. Der Wind hatte seitlich freien Zutritt. Die eingefüllten Wassermengen abzüglich des im Monatschluß verbleibenden Restes wurden mit Meßgläsern bestimmt. Die Bearbeitung erfolgte durch die *meteorologische Abteilung in Eberswalde*. Die Ergebnisse sind laufend mitgeteilt in Monats- und Jahresberichten herausgegeben von A. Mutzsch, Berlin, Jul. Springer. Wir benutzen die Mittel der 15 Jahre 1882—1896.

Die im Freien in geringerer oder größerer Entfernung vom Walde aufgestellten Verdunstungsmesser gehen im *Norddeutschen Flachlande* das wir zunächst betrachten wollen, auf einem Streifen zwischen 52° 16' und 53° 36' nördlicher Breite in der Reihenfolge von Ost nach West folgende, jährliche Verdunstungshöhen: Kunitz (Masuren) 28 Zentimeter, Eberswalde (Brandenburg) 39 Zentimeter, Müritzer See (Braunschweig) 37 Zentimeter, Lützel (Lüneburger Heide) 39 Zentimeter, Schöbe (Friesische Kuste) 43 Zentimeter. Im östlichen mehr kontinental gelegenen Masuren ist die Verdunstung kleiner, an der Nordsee größer als in den mittleren Lagen. Zur Ergänzung sei angeführt daß zwei nördlicher, an der Ostsee gelegene Orte geringere Verdunstung aufweisen: Fritzen im Samland fast 28 Zentimeter, Hadersleben in Schleswig 26 Zentimeter.

Berechnet man die relative Verdunstung der Monate in Teilen der Jahressumme und vergleicht Schöner an der Nordsee mit dem Durchschnitt der Binnenlande Eberswalde und Kurwien so überwiegt die relative Verdunstung vom April bis einschließlich Juli und besonders im Juni im Binnenlande dagegen vom September bis März und besonders im November an der Nordseeküste. Zum Vergleich teilen wir folgende Werte mit: Relative Verdunstung % im Juni Nordseeküste 12,8 Binnenland 16,4 im November Nordseeküste 4,6 Binnenland 2,5.

Im Mitteldeutschen Berglande finden sich folgende jährliche Verdunstungshöhen (Reihenfolge von Ost nach West): Culmsberg (Schlesien) 740 Meter hoch 27 Zentimeter, Schmiedefeld 711 Meter 25 Zentimeter, Friedrichsrode (Thüringen) 441 Meter 38 Zentimeter, Sonnenberg (Harz) 776 Meter, 24 Zentimeter, Fühnhof (öst. rheinisches Bergland) 607 Meter 28 Zentimeter, Hollerath (Eifel) 615 Meter 22 Zentimeter. In Elsaß Lothringen ergaben die Beobachtungen in Hagenau 150 Meter 35 Zentimeter, Neumath 350 Meter 45 Zentimeter (?), Melkerei 909 Meter, 34 Zentimeter.

Die Fähigkeit der Luft Wasserdampf aufzunehmen hängt ab von ihrem Sättigungsdefizit oder Dampfmanget, das heißt von dem Unterschied zwischen der tatsächlich in der Luft vorhandenen Dampfmenge und der höchstmöglichen (mit der Temperatur steigenden) Sättigungsmenge. Die Verdunstung ist ferner bedingt durch die Stärke der Luftbewegung, denn je mehr (trockene) Luft über eine Wasseroberfläche in gegebenener Zeit stricht, desto mehr Wasser wird in Dampf übergehen. Wir setzen demgemäß die Verdunstung gleich dem Produkt aus dem Dampfmanget und einem mit der Windstärke wachsenden Windfaktor. Der Dampfmanget ist im Jahresdurchschnitt aus den Beobachtungen der Feuchtigkeit um 8 Uhr morgens und 2 Uhr nachmittags bestimmt. Aus je vier Orten erhalten wir folgende Mittelzahlen:

	Höhe m	Verdunstung — cm	Dampfmanget mal Windfaktor mm	
Binnenflachland	115	35	2,2	16
Norddeutsches Küstengebiet	43	34	1,9	18
Mitteldeutsches Bergland	667	28	1,2	23

Im Durchschnitt der Vergleichswerte hat das Küstengebiet einen etwas geringeren Dampfmanget, aber größeren Windfaktor und nahezu dieselbe jährliche Verdunstungshöhe wie das Binnenflachland.

Mit zunehmender Seehöhe sinkt die Temperatur und in etwas schwächerem Maße auch der Taupunkt. Bei gleichem (oder abnehmendem) Unterschied zwischen Temperatur und Taupunkt wird mit sinkender Temperatur der Dampfmanget geringer. Im Bergland (Schlesien, Thüringen, Harz) gibt trotz des merklich größeren Windfaktors der geringere Dampfmanget den Ausschlag und bewirkt eine Abschwächung der Verdunstung. An windgeschützten hoch

gelegenen Orten wird die Verdunstung noch weiter eingeschränkt sein

Die Abhängigkeit der Verdunstung von der *Windstärke* beeinträchtigt auch bei gleicher Aufstellung und Höhe über dem Erdboden die allgemeine Vergleichbarkeit der Messungen und verleiht ihnen eine *lokale Färbung* da die Windgeschwindigkeit, zumal in so großer Nähe des Erdbodens in hohem Maße örtlicher Beeinflussung unterliegt, andererseits erscheint aus diesem Grunde die Messung der Verdunstung geeignet, lokale, klimatische Eigentümlichkeiten, wie den *Unterschied zwischen Freiland und Waldbestand* festzustellen

Wir vergleichen neun Kiefern und Fichten und sechs Buchenstationen mit den benachbarten Feldstationen. Die jährliche *Verdunstung* betrug im *Nadelwald* (bei Kiefern wie bei Fichten) 48 Prozent, im *Buchenwalde* 42 Prozent von der im benachbarten Freiland. Aus denselben Stationspaaren ermitteln wir für die einzelnen Monate das Verhältnis der Waldverdunstung zu der im Freien und mit Hilfe dieser Verhältniszahlen aus dem Mittel aller sechszehn Feldstationen die Verdunstung im Walde. Es ergeben sich folgende Werte

	Verdunstung mm							
	März	April	Mal	Juni	Juli	August	Septemb	Oktober
Freiland	19	35	48	48	46	42	31	18
Nadelwald	10	18	23	23	22	19	14	8
Buchenwald	10	19	23	18	16	14	11	7

Auch die Monatssummen der *Verdunstung* im Sommerhalbjahr sind im *Nadelwald kaum halb so groß* wie im *Freien*. Besonders merklich ist das *Nachlassen der Verdunstung im sommergrünen Buchenwalde*. Im Juli bis September betrug die Verdunstung in den Buchenbeständen kaum mehr als ein Drittel von der im Freien.

Eine neue Methode der Verdunstungsmessung mit Hilfe der Abkühlungsgeschwindigkeit eines feuchten Thermometers habe ich jüngst an anderer Stelle mitgeteilt. Eine nach diesem Verfahren an zwei benachbarten Stellen in Eberswalde angestellte Beobachtungsreihe zeigt den starken Schutz, den Buchenunterholz gegen Wind und Verdunstung gewährt. Im Kiefernaltbestand mit Laubunterwuchs betrug die Verdunstung nur 6 Zehntel von der im reinen Kiefernbestand.

Klimatologie des Hochgebirges

Von Prof Dr phil et med h c C Dorno Davos

An dem reichhaltigen vor uns liegenden Programm der klimatologischen Tagung konnte vielleicht etwas als merkwürdig auf fallen Unter den etwa 50 Vortragen findet sich keiner, der sich mit dem Begriff „Klimakunde“ und den *Arbeitsmethoden* dieser Wissenschaft beschäftigt Ist dieser Begriff so eindeutig und uns allen so geläufig, daß er gar keiner Erörterung bedarf? Ich glaube kaum, denn er ist auch von den Professionellen recht verschiedenartig definiert Und die Arbeitsmethoden — sie haben schon manchen Wechsel erfahren einerseits infolge Anwachsens des gesammelten meteorologischen Materials, sei es durch Einbeziehung eines weitem Gebietes der Erdoberfläche, sei es durch längere Zeitläufe der Beobachtungen, sodann infolge Erweiterung und Verfeinerung der Beobachtungsmethoden

Alexander von Humboldt gilt wohl überall und mit Recht als der Begründer der Klimakunde, sein Studium über die Verbreitung der Pflanzen über die Erde hatte ihm den Gedanken an systematisch zu organisierende Beobachtungen der meteorologischen Elemente nahegelegt Als geographische Meteorologie wird die Klimatologie nicht selten bezeichnet und mit Recht denn sie sucht den mittleren Witterungszustand jeden Ortes in Abhängigkeit von seiner geographischen und topographischen Lage zu ermitteln im Gegensatz zur Meteorologie welche ihre laufenden Beobachtungen anzuwenden sucht zur physikalischen Erklärung der zeitlichen Veränderungen der einzelnen Elemente und ihrer Abhängigkeit voneinander und von ihrem Ausgangszustand das heißt richtige Diagnosen und Prognosen zu stellen sich bemüht Der Zweck beider Wissenschaften ist keineswegs wie nicht selten geurteilt wird Selbstzweck nein, es sind durchaus praktische Ziele welche sie verfolgen Wenn die große Bedeutung der Prognosen für die Land und Wasser und damit Volkswirtschaft noch nicht klar geworden ist der erkennt sie nunmehr aus ihrer Anwendung auf den seine Entwicklung doch erst beginnenden Flugverkehr, und früher noch wurde der praktische Wert der Klimatologie erkannt Schon *Humboldt* ob wohl von der Pflanzenklimatologie ausgehend bezog diese Wissenschaft auf den Menschen und charakterisierte sie als die Gesamtheit aller Veränderungen in der Atmosphäre die unsere Organe merklich affizieren Noch deutlicher kommt der praktische Wert der Wissenschaft in der heute vielfach angenommenen Definition zum Ausdruck Die Klimakunde bedeutet die Erkundung der gesamten atmosphärischen Bedingungen die einen Ort der Erdoberfläche mehr oder weniger für Menschen Tiere und

Pflanzen bewohnbar machen. Hiermit wird also die Wissenschaft als ausdrucklich den Menschen (dickt oder durch den Tier und Pflanzenleib) dienend bezeichnet und ihr ungeheuer weites Feld wird dadurch beschränkt. Auch das hiesige Programm hat sich diese Grenzen gezogen, es wäre sonst für die bestehenden Verhältnisse ins Uferlose gewachsen, aber der Geograph und der Geologe kann sich mit dieser Einengung der Klimakunde auf das organische Leben wahrlich nicht zufrieden geben, denn ein Zweifel kann nicht bestehen, darüber daß die Klimawirkung auf den ganzen Wasserhaushalt der Natur, die Bodengestaltung und die Bodenbeschaffenheit von entscheidender Bedeutung ist und auch die Geophysik und Astronomie greifen mit ihren Grenzen über in das Gebiet der Meteorologie und Klimatologie.

Wollte ich mich über den Wandel der Arbeitsmethoden der Klimatologie, den quantitativen und qualitativen, in ähnlich eingehender Weise aussprechen, wie über den Klimabegriff, so wäre mein Vortrag hiermit reichlich ausgefüllt, und ich käme gar nicht zu meinem eigentlichen Thema. Es findet sich wohl am Schlusse des Vortrages noch Gelegenheit, in einem krassen Beispiel hierauf zurückzukommen.

Unter „Hochgebirgsklima“ pflegen wir die Höhenlagen von etwa 1000—2500 m zu verstehen, die niedrigeren Lagen reihen wir in das subalpine und Mittelgebirgsklima, die höheren in das den Menschen feindlich werdende „Hohenklima“. Richtig ist es wohl nicht einheitlich von einem Hochgebirgsklima zu sprechen. Zwar nimmt im allgemeinen überall auf der Erde der Luftdruck annähernd gleichmäßig beim Aufstieg vom Meeresniveau ab, bei 1000 Metern um 12%, bei 2000 Metern um 22% und noch schneller sinkt die Luftfeuchtigkeit, welche in 2000 Meter Höhe durchschnittlich nur noch halb so groß ist wie im Meeresniveau. Desgleichen nimmt die Temperatur mit der Erhebung über den Meeresspiegel anhaltend ab, aber doch in weiten Grenzen schwankend, dagegen nimmt die Sonnenstrahlung, da sie eine kürzere, trockenere und staubfreiere Luftsäule durchsetzt, dauernd zu an Quantität und Qualität, wofür man einen relativ größeren Gehalt an kurzwelligen, sogenannten aktinischen (blauen, violetten und ultravioletten) Strahlen als eine Verbesserung der Gesamtstrahlung ansieht. Liegen hierin auch gewisse einheitliche charakteristische Merkmale, so ist es doch andererseits klar, daß man auf einem nördlicher gelegenen Gebirge schon nach geringerer Erhebung also geringerer Luftdruckabnahme und Strahlungszunahme in das Gebiet unzutraglicher Temperaturen gelangt, und andererseits auf einem dem Äquator nahen Gebirge schon sehr hoch steigen muß, bis zu schwer ertragbaren Graden der Luftverdunnung und Sonnenstrahlung, um aus dem Reich der heißen Temperaturen zu gelangen. Die Schneegrenze, welche freilich nicht ausschließlich von der Temperatur abhängt, liegt in Island in etwa 700 m, im mittleren Norwegen in etwa 1200 m, in den Alpen in etwa 2700 m, im Kaukasus in etwa 3200 m, unter dem Äquator in etwa 5000 m Höhe — durchschnittlich fällt die klimatische Schneegrenze zusammen mit der $4\frac{1}{2}^{\circ}$ Isotherme des warmsten Monats. Zwischen beiden Extremen gibt es ein Optimum, eine günstigste geographische Gebirgslage, in welcher

in leicht zugänglichen Hohen dünnere Luft und zuträglichere Temperaturen sich mit kräftiger Sonnenstrahlung und erwünscht langer Sonnenscheindauer verbinden. Ein solches Optimum findet sich in dem weiten Zuge der Alpen, es sollte auch in den Pyrenäen, dem Jura und den Karpathen zu finden sein, kurz in allen Gebirgen, welche in mittleren geographischen Breiten von Westen nach Osten verlaufen und eine genügende Breitenausdehnung besitzen. Im allgemeinen werden die zentralen Teile solcher Gebirge die bevorzugtesten sein, denn bei genügender Breite bieten die vorgelagerten äußeren Bergketten den innern den durchaus nötigen Windschutz, auch halten sie denselben einen wesentlichen Teil der Niederschläge fern, da die zum Aufsteigen gezwungene Luft sich abkühlt und sich daher eines großen Teiles ihres Wassergehaltes entledigt. Die Luvseite der Gebirge pflegt allgemein weit niederschlagsreicher zu sein als die Leeseite. Die westöstlich verlaufenden Gebirge bilden eine starke Klimascheide, indem sie sich dem großen, vom Äquator zu den Polen und zurück verlaufenden Zirkulationssystem der Erdatmosphäre entgegenstellen, dessen Bedeutung durch des großen norwegischen Meteorologen Bjerknes Polarfronttheorie in jüngster Zeit wieder ganz in den Vordergrund der Betrachtungen gestellt ist. Wesentlich anders und ungünstiger als Europa steht diesbezüglich Nordamerika da, seine Gebirge verlaufen im allgemeinen in nordsüdlicher Richtung, und sie bieten daher den in dieser Richtung wehenden Winden kein Hindernis, die Tornados und westindischen Orkane entwickeln sich zu ungeheurer Gewalt in den Süd- und Weststaaten und durchbrausen oft den ganzen Kontinent, und kaum weniger heftig treten im Norden die namentlich das große Seengebiet heimsuchenden Stürme auf. Die Hitze wellen, von deren vernichtenden Einfluß wir jüngst lasen, und ebenso die cold waves des Winters und Frühjahrs sind im Gegensatz zu den vorerwähnten Stürmen nicht mit zyklonalen Wetterlagen (fortschreitenden Tiefs) verbunden, sondern mit antizyklonalen (ruhenden oder sehr langsam sich ausgleichenden Hochs) — auch sie sind in Nordamerika gegenüber Europa weit ausgeprägter, die Ursache ist die weit größere Kontinentalmasse. Schon öfters war ich in Verlegenheit, wenn mich nach den Vereinigten Staaten zurückkehrende Patienten um Rat fragten, wo sie im eigenen Lande ein Davos fanden. Aus führliche, hierüber mit amerikanischen Klimatologen geführte Korrespondenzen und Studien des reichen mir eingesandten Materials ließen mich zu der Ueberzeugung kommen, daß tatsächlich ein solches noch nicht existiere. So wunderbar in landschaftlicher und klimatischer Hinsicht und nicht zum wenigsten durch ihre äußere Ausstattung viele Kurorte der östlichen Gebirge im Sommerhalbjahr sein mögen, im Winterhalbjahr genügen sie nicht, und die sonnenreichen südlichen und südwestlichen Staaten liegen schon zu südlich, um das, was wir hier in Davos erstreben und was sich kurz charakterisiert mit dem Worte „Abhartung“, aufzuweisen. Orte mit ähnlicher Hohenlage sind daselbst im Sommer zu heiß und im Winter nicht kalt und

windgeschützt genug — das 1700 m hohe Denver weist 10° mittlere Jahrestemperatur auf gegenüber 2,6° in Dävos. Daher versuchte man mancherorts in 3000 m und noch größere Höhen zu steigen, aber mit dem Erfolg, daß die zu große Luftverdünnung, zu intensive Strahlung und Trockenheit und die luftelektischen Einflüsse unerwünscht starke Ansprüche an die Organe und vor allem an die Nerven stellten. Teile des Yellowstone Parkes und von Wyoming scheinen den alpinen Hochgebirgsorten ähnliche Verhältnisse zu besitzen, vorausgesetzt, daß sich windgeschützte Oasen finden, aber sie sind dem Verkehr noch nicht erschlossen. Bei den gigantischen Ausmaßen der Rocky Mountains und der Sierra Nevada, den großen Niveaudifferenzen zwischen Talern und Höhen treten auch die Lokalwinde, welche als Berg- und Talwinde in den Alpen meist sehr angenehm empfunden werden, schon heftig auf, und die Größe der Temperaturstürze entspricht dem.

Verfolgen wir den langen Alpenzug mehr im Einzelnen, so finden wir das Klima zu beiden Seiten um so mehr unterschieden, je weiter wir nach Osten gelangen. *Grossmayr* hat das jüngst sehr deutlich nachgewiesen mit den neu abgeleiteten Begriffen des thermischen Quotienten und thermischen Exzesses, welche die aperiodischen Schwankungen (die Abweichungen der Extreme von den Mittelwerten) schuf, erlassen ähnlich dem von *Pollok* eingeführten Intensitätsquotienten. Vergleiche dieser Werte zwischen Chur, Lugano, Innsbruck, Bozen, Serajewo, Mostar zeigen durchwegs ein starkes Anschwellen in östlicher Richtung. Nicht ohne Zusammenhang hiermit ist die winterliche Zunahme der Niederschläge mit der Höhe in den Ostalpen und eine stärkere Bewölkung während der Monate Dezember bis Februar in diesen alpinen Teilen gegenüber den Zentral- und Westalpen, wie sie aus *Knoch's* Isonephenkarte Europas deutlich ins Auge springt. In den Schweizer Alpen unterscheidet sich das ostschweizerische (rätische) Hochplateau von der Westschweiz durch seinen kontinentalen Charakter. Dieser zeigt sich durch größere Amplitude der Lufttemperaturen, große Trockenheit der Luft neben längerer Sonnenscheindauer und intensiver Sonnenstrahlung. Die Müssenerhebung hebt gewissermaßen ihren warmen Luftmantel mit sich empor, die Temperatur nimmt in Graubünden nur um 0,51° pro 100 m ab gegenüber 0,62 bis 0,65° über Rigi und Pilatus, wir finden dementsprechend auch die Vegetationsgrenze und die Baumgrenze höher als im Westen des Landes. Auch innerhalb des rätischen Hochlandes finden wir keineswegs unbedeutende Unterschiede verschiedener Besonnung, Steilheit der Bergwände, Orientierung der Bergtäler zur Hauptwindrichtung u. a. verursachen sie. Uns ist hier allen geläufig, daß die lebhaftere Luftbewegung des Engadins dieses prädestiniert für Sommer- und Wintersport, und daß Arosa und Dävos ihrer Windstille ihre fast unerreichte Eignung für Lungentherapie verdanken. Auch Orte wie die genannten bilden noch keineswegs eine Einheit, habe ich doch zum Beispiel durch Untersuchungen in sieben

charakteristischen Punkten des Kurortes Davos nachgewiesen, daß die Sonnenscheindauer in der für klimatische Kuren wichtigsten winterlichen Jahreszeit Differenzen von 22 % ausmachen kann der gestalt, daß die Amtliche Meteorologische Station die ungünstigsten Ziffern aufweist. Wir haben hier in der Landschaft auch ausgezeichnete Gelegenheit, den Einfluß des sogenannten „Abhauklimas“ zu studieren, denn die Meteorologische Station der Schatzalp hat nun auch schon 16jährige lückenlose Reihen konstanten 58jährigen der Davoser Station beigebracht. Die Verhältnisse der Lage beider Orte zueinander sind für diesen Vergleich die denkbar günstigsten nach Höhendifferenz, Elevationswinkel freier Luftzirkulation und vor allem geeigneter Breite und Länge des im Windschutz gelegenen Tales. So finden wir denn eine ausgesprochene Temperaturumkehr. Nachts ist es zu jeder Jahreszeit auf der Schatzalp wärmer als in Davos, untertags aber nur im Winter, im Sommer ist es droben kühler. Diesen Vorteilen stehen auch kleine Mängel gegenüber. Größere Luftbewegung und ein wenig größere Bewölkung und Nebelhäufigkeit, welche freilich nicht verhindern, daß infolge des freieren Horizontes die Sonnenscheindauer 11 % größer ist als in den geschützten Lagen von Davos. Die Neigung des Hanges macht ihn neben seiner geographischen Orientierung sehr verschieden geeignet für die Pflanzenvegetation. In unsern Breiten erhält bei wolkenlosem Himmel der Ost- und Westabhang etwa ebensoviel Strahlung wie die Ebene, und die Neigung des Hanges macht bis zu 30° wenig Unterschied. Auf den um 30° ansteigenden Südabhang strahlt aber zu allen Jahreszeiten außer im Sommer beträchtlich mehr Sonne als auf den nur 15° geneigten Nord- und Südostlagen. Werden am verschiedensten von der Sonne erreicht im Frühjahr und Herbst, die Unterschiede sind im Sommer und Winter kleiner. Entsprechend finden sich in westöstlich verlaufenden Tälern sehr verschiedene Vegetationsgrenzen, Vegetationszeiten und Vegetationsarten an den ertgegensetzten Bergabhängen, und die menschlichen Siedelungen reichen sehr verschieden weit an ihnen herauf. Diesbezüglich kommt Dr. *Hunziker* in seinem, größtes Interesse für meteorologische Probleme bezüglichen Werke über „Prophylaxe der Schilddrüse“ gleichzeitig ein Stück vergleichende Klimatologie der Schweiz“ zu dem bemerkenswerten Schluß: „Die Grenze der menschlichen Siedelungen liegt dort, wo mit abnehmender mittlerer Jahrestemperatur die 0° Temperaturen seltener werden. Wenn die Jahrestemperatur weiter sinkt und gleichzeitig die Frosttage zunehmen, so hört die Möglichkeit auf, aus dem Boden genügende Erträge zu ziehen.“ Die Davoser Sudzimmer stehen mit Recht im teuersten im Preise, denn sie sind im Winter am wärmsten, im Sommer aber kühler als die West- und Ostzimmer. Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ist bei all diesem weit ausschlaggebender als die Zunahme der Intensität mit steigender Sonne.

Betrachten wir nun die trotz dieser reichen Variationen einheitlichen Merkmale des Hohenklimas, voran den verminderten Luftdruck,

durch den sich ja dies Klima von allen andern Klimatypen unterscheidet. Bis vor wenigen Monaten las man es in zahlreichen und gerade den modernsten Büchern, seine absoluten Werte und seine Schwankungen seien auch in 1000 bis 2000 m Höhe nur von geringer Bedeutung für den Menschen. Ich halte es für die bisher größte Leistung des hiesigen Forschungsinstitutes, daß Prof. *Loewy* die Höhenklimaforschung von dem unrichtigen Wege, auf den sie durch die unendlich reichen Spezialuntersuchungen von Aenderung des Blutbildes, des Blutdruckes, des Stoffwechsels zu geraten Gefahr lief, zurückgeführt hat, zunächst durch indirekten Beweis, nämlich durch Nachweis, daß alle diese Spezialerscheinungen bei unverändert bleibenden äußern Verhältnissen durch künstliches Sauerstoffatmen zu rückgehen. Der Sauerstoffhunger, den man intuitiv als verbunden mit der Luftverdünnung voraussetzte, als man die physiologischen Wirkungen des Höhenklimas zu studieren begann, er besteht nicht nur, sondern er ist wohl das Hauptagens auch schon in unsern Hochgebirgshöhen, vielleicht auch noch in niedrigeren. „Spiralformig schreitet die wissenschaftliche Forschung vorwärts in großen Bogen kehrt sie rhythmisch zu ähnlichen Gedankengängen zurück, nachdem sie in der Zwischenzeit in der dritten Dimension der Wahrheit entgegen gewachsen“ — so schrieb neulich trefflich der Wiener Meteorologe *Myrbaach*. Nicht anders ist es mit einer zweiten Wirlung der Luftveränderung im Hochgebirge, der mechanischen. Bekannt war *Weber's* Hufgelenkexperiment. In 1200 m Höhe bei 655 mm wird der Luftdruck gleich dem Gewichte des Beines, bei kleinem Luftdruck wird der Druck im Gelenkspalt negativ, die Folge ist subjektiv leichtere Beweglichkeit, vermehrte Muskelleistung, schnellere Ermüdung der Beinmuskeln. Weiteres dieser Richtung hat man dann meines Wissens nicht gelesen. Als das hiesige physiologische Institut an der Seite meines Observatoriums gegründet wurde, führte ich aus, ich konnte mir die Erforschung der Hochgebirgsphysiologie denken unter Zugrundlegung des Luftdruckes als Basiswert. *Kant* hat von seinem naturalistisch philosophischen, *Schiller* von seinem dichterisch philosophischen Standpunkt aus die Frage untersucht, wieweit menschenähnliche Geschöpfe auf einem Planeten geringerer Masse und daher geringerer Anziehungskraft, weniger beschwert durch des Körpers Materie von dieser unabhängiger und daher seelisch freier werden, das heißt zu größern geistigen und moralischen Höhen sich erheben können. Die Hochgebirgsphysiologie steht vor einem nicht wesentlich andern Problem. Mit ihren physikalischen und chemischen Methoden hat sie nachzuweisen, wie sich die Lebensfunktionen in den Körperwandungen und Körperzellen insbesondere ihre Blutdurchströmung mit allen direkten und indirekten Folgen ändern, wenn sie dauernd unter den geringern Außen- und Innendruck gesetzt werden. Von dieser Größe hängt doch (wenigstens vom mechanisch physikalischen Gesichtspunkte aus) der innere Widerstand ab, den die Lebensfunktionen zu überwinden haben, und er mußte daher im Hoch

gebirge geringer sein im Hochgebirge mußten daher auch äußere Reizeinflüsse insbesondere auch die klimatischen eher in die Erscheinung treten als in der Ebene“ Es freute mich ungemein, dieser Tage *C. Jacoby's* Publikationen über den mechanischen Einfluß der Luftdruckänderung zu lesen, den Nachweis von Blutverlagerungen sowohl infolge elastischer Kräfte im Körperinnern als auch durch Ausdehnung der in den Geweben physikalisch gelösten Gase. Wir werden gut tun, den verminderten Luftdruck als Grundlage vieler physiologischer Wirkungen des Höhenklimas anzusehen, und das sollte Geltung haben nicht nur für den Menschen, sondern auch für die Tiere und die Pflanzen.

Eine weitere spezifische und wichtige Eigenschaft des Höhenklimas ist die Trockenheit der Luft. Die Feuchtigkeit nimmt wie wir schon gehört haben, viel schneller mit der Höhe ab als der Luftdruck, und sie beträgt in 2000 m Höhe nur etwa halb so viel wie im Meeresniveau. Freilich, schaut man nach der relativen Feuchtigkeit, so findet man oft recht hohe Prozentgrade, da das Haarhygrometer das Prozentualverhältnis, bezogen auf das nur kleine Fassungsvermögen der umgebenden kühlen Hochgebirgsluft für Wasserdampf meldet. Die Wirkung auf den Menschen kann aber nur beurteilt werden durch Beziehung auf das Fassungsvermögen der Luft bei seiner Körpertemperatur, und es geschieht dies, wie ich in meinen Publikationen abgeleitet, am eindrucksvollsten durch das physiologische Sättigungsdefizit (es macht prinzipiell dabei wenig aus, ob man die Ausatemluft ein paar Grade niedriger als 37° ansetzt), und da ergeben sich schon in unsern Höhen Trockenheitsverhältnisse, welche zur Winterszeit die des Siokko übertreffen können. Nicht viel anders ist die austrocknende Wirkung des Hochgebirgsklimas auf die Pflanzen zu bewerten, denn auch sie nehmen unter nicht seltenen Verhältnissen bei Windstille und intensiver Sonnenstrahlung Temperaturen an, die weit über Lufttemperatur liegen. Ich maß in Davos größere Differenzen, als sie aus der Wüste berichtet werden eine Differenz, von 10,3° an schwarzen Stiefmutterchenblütenblättern bei freilich (infolge viel geringerer Lufttemperatur) geringerer, aber der Temperatur des menschlichen Körpers verwandter Absoluthöhe von 33,3° (maximale Wüstentemperatur 45,4°). Unter Nichtbeachtung dieser Verhältnisse konnte es selbst einem Botaniker vom Range Szymkiewicz's passieren, daß er das Alpenklima als „feucht“ für die Pflanzen bezeichnete.

Aus berufenstem Munde haben Sie hier über die neuesten Resultate der Verdunstungen im Hochgebirge, gemessen an Wasseroberflächen, Bericht erhalten und daraus die große Schwierigkeit des Problems erkennen können. Die Anwendung dieser Größe auf die Pflanzenwelt bietet neue Schwierigkeiten, ist aber von größter Bedeutung, denn die Pflanzen transpirieren unter Umständen mehr als die freien Wasseroberflächen. Die Amerikaner haben durch sensible Meßmethoden und weitausgreifende Meßreihen nachgewiesen, daß ihre

Pflanzen doppelt soviel verdunsten als freie Wasseroberflächen, die Verdunstung des Alfalfa übertrifft noch die des Grases. Es wäre nicht unmöglich, daß die Wiesenoberfläche des Davoser Tales mehr verdunstet als die des Davoser Sees, so eigentümlich sich das zunächst anhört. Diese, wie die meisten auf die physikalischen Verhältnisse des Bodens sowie auf die Forst- und Landwirtschaft bezüglichen Aufgaben, deren jede — das ist das Charakteristikum fast aller physikalisch-meteorologischen Untersuchungen — mindestens einen, meist mehrere Jahresturnusse erfordert, haben bisher vom Observatorium noch nicht angefaßt werden können. Der Aufgabenkreis ist zu groß, und er haucht sich auf allen Gebieten, je mehr man vordringt, und die Beziehungen fehlen — man kann es ohne Uebertreibung sagen — zu keinem Gebiete der Naturwissenschaften und der Medizin, so daß sich nicht nur der Umfang, sondern auch die Vielgestalt der Aufgaben drucind steigert. Das Hochgebirge ist eine Welt für sich, um sie richtig zu verstehen, bedarf es weitgreifender mühsamer Forschungen über viele Jahrzehnte und sie müssen hinausgeführt werden nach beiden Seiten nach der Ebene und nach den höchsten Höhen zu, denn diese Vergleiche erst bringen volle Erkenntnis. Auch hierzu ist der Anfang vom hiesigen Observatorium gemacht.

Teilweise eng verbunden mit der Lufttrockenheit sind die elektrischen Verhältnisse. Entsprechend dem geringen Feuchtigkeitsgehalt, aber auch dem dünnen Luftmantel und der durch starke Ionisierung großen Leitfähigkeit der Luft ist das Potentialgefälle (die Spannungsdifferenz zwischen Luft und Erde) geringer, die starke Leitfähigkeit wird zum Teil durch die ionisierende Wirkung der stark ultraviolett haltigen Sonnenstrahlung sowie den nachgewiesenen recht bedeutenden radioaktiven Gehalt der Hochgebirgsluft erklärt, mehr wohl noch durch die Vermischung mit aus den hohen Höhen absteigender, noch weit stärker ionisierter Luft, sie ist nach mehrijährigen Parallelregistrierungen in Davos dreimal größer als in Potsdam, und ebenso viel kleiner ist das Potentialgefälle gefunden, der von der Erde zum Himmel drucind übergehende luftelektrische Vertikalstrom ist also in Davos etwa von derselben Größe wie in Potsdam, aber nur ein Drittel so hoch gespannt. Die freie elektrische Raumladung, welche seit etwa einem halben Jahre am Observatorium regelmäßig gemessen wird, findet sich — ähnlich dem Potentialgefälle — gleichfalls viel kleiner als in der Ebene. Der radioaktive Emanationsgehalt der Bodenluft ist von höherer Größenordnung als der der atmosphärischen Luft, auch er zeigt ein Ansteigen von den nördlichen Meeren zu den Alpen. In Potsdam hat man die Bodenluft etwa 100mal emanationsreicher gefunden als die atmosphärische Luft, in München erwies sie sich 6mal reicher als in Potsdam, in Freiburg in der Schweiz wiederum sechsmal reicher und schließlich in Davos noch etwa dreimal so groß, also gut 100mal größer als in Potsdam, sie ist in Davos umstände, etwa 5000 Ionen pro Kubikzentimeter-Sekunde zu erzeugen, und das ist eine in pflanzenphysiologischer Hinsicht wohl

sicher nicht, in klimatischer Hinsicht vielleicht nicht zu vernachlässigende Größe. Daß Vorbedingung einer elektrisch gut leitenden Luft ein geringer Staubgehalt ist, andernfalls sich die entstandenen Ionen sogleich an diesem anlagern, ist selbstverständlich. Die weit reichende Staubbefreiheit und Keimfreiheit der Hochgebirgsluft ist ja vielerorts durch Messungen nachgewiesen und zu ihr gesellt sich — nicht zu unterschätzen in seiner Bedeutung — die Abwesenheit von lastigen Insekten, Stechmücken, Motten und Flohen. Es wäre wohl eine dankbare Aufgabe zu untersuchen, ob es wirklich nur die niedrige Lufttemperatur ist, welche diesen den Garaus macht, wenn sie hierher verschleppt werden.

Auf das weite Gebiet der Strahlung vermag ich in diesem kurzen Vortrage nicht mehr einzugehen. Sie bedeutet eines der klimatologischen Hauptcharakteristika des Hochgebirges. Es ist Ihnen vielleicht bekannt, daß gerade dieses Problem vor 18 Jahren zur Gründung des hiesigen Observatoriums geführt hat und daß es in seiner ganzen Vielgestaltigkeit mit den modernsten Methoden angegriffen worden ist, welche auch manche nicht unfruchtbaren prinzipiellen Umgestaltungen durch das Observatorium erfahren haben. Die Sonnen- und Himmelsstrahlung und Reflexstrahlung, gesamt und in allen die Biologie und Meteorologie interessierenden Spektralteilen und verschiedenen Polarisationszuständen wurden und werden teilweise dauernd durch Registrierungen verfolgt, keineswegs nur klimatologischen, sondern auch zu geophysikalischen Zwecken. Bei den Demonstrationen wird sich Gelegenheit finden gleichzeitig über die Methoden und auch über einige Hauptresultate physikalischer und physiologischer Natur zu sprechen. Die zu allen Jahreszeiten in Davos günstigen Sonnenverhältnisse und die Möglichkeit ihre Variationen im Observatorium während des Experimentes nach exakten Methoden zu bestimmen machen es dem Observatorium zur Pflicht die physiologischen Wirkungen der Strahlung, welche an anderen Orten meist nur in künstlichem Lichte verfolgt sind, in natürlichem Lichte zu beobachten unter gleichzeitiger Einwirkung der meteorologischen Faktoren: Pigmentierung, Reflexion der Haut, Hauttemperaturen und Tiefentemperaturen bei Sonnenbestrahlung bildeten bisher die Hauptgegenstände der Untersuchung. Im Freien ist die saubere Durchführung dieser wesentlich schwieriger als im Zimmer.

Das Strahlungsklima des Hochgebirges zeichnet sich vor dem der Ebene aus durch

- starke, aber nicht exzessive Intensitäten,
- Reichtum an kurzwelliger (aktinischer) Strahlung,
- große Gleichmäßigkeit im Jahres- und Tageslaufe.

Diese drei Charakteristika findet man stets, in welchen Spektralteilen und an welchem Objekt (Sonne, Himmel, Wolken, Erdboden) man die Untersuchungen auch anstellen mag und sie zeigen sich umso ausgeprägter, je kürzer die Wellenlangen der untersuchten Strahlen.

sind Nicht nur die Einstrahlung, sondern auch die Ausstrahlung nimmt mit Aufstieg vom Meeresniveau zu — man liest dies meist durch den „dünneren Atmosphärenmantel“ erklärt So einfach liegt die Sache nicht, es sind nicht die Luftgase, sondern vornehmlich der Wasserdampf, welcher die Mantelwirkung ausübt, da dieser für die von der Erde ausgehende langwellige Wärmestrahlung sehr undurchlässig ist, aber allein entscheidend ist auch er nicht, wie *Angström* aus seinen an vielen Orten Schwedens durchgeführten Messungen schließt Die physiologische Bedeutung der Ausstrahlung erkennt man ebensowenig wie die der Lufttrockenheit aus den üblichen meteorologischen Zahlen, auch sie muß erst umgerechnet werden auf die Körpertemperatur des Menschen Alsdann findet man für Davos, daß an klaren Wintertagen der Mensch durch Ausstrahlung um die Mittagszeit etwa 40 %, nach Sonnenuntergang etwa 80 % derjenigen Warmemenge abgibt, welche ihm die Sonne bei ihrem Höchststande um die Mittagszeit zusendet Man wird nach roher Schätzung die Wärmeabgabe durch Ausstrahlung während des ganzen Tages als die Hälfte der gleichzeitigen Wärmezufuhr durch Einstrahlung anzunehmen haben

Diese Beispiele der Ausstrahlung und der Luftfeuchtigkeit geben meiner mit einiger Kühnheit aufgestellten These Berechtigung, daß die meteorologischen Tabellen in ihrer heute gebräuchlichen Form wenig geeignet sind zur Beurteilung der Eignung eines Klimas für den Menschen, insbesondere für den kranken Menschen und die Klimakur, und daß es einer spezifisch medizinischen Meteorologie bedarf, welche bei einheitlicher Zugrundelegung der Körpertemperatur des Menschen als Nullpunkt sich wesentlich einfacher gestaltet als die allgemeine Meteorologie Die Wirkung der vielgestaltigen Elemente lagert sich übereinander und ist in den gebräuchlichen Tabellen kaum zu übersehen Aus den Erfahrungen in unserer (doch zufälligen) Umwelt in der Heimat schätzen wir diese Wirkung ab, und da können schwere Irrtümer unterlaufen Die meteorologischen Tabellen unserer Hochgebirgskurorte geben ein krasses Beispiel hierfür Welcher Arzt kann wohl auf Grund dieser einen Patienten nach Davos senden? Des Winters Kalte, die gewaltigen Temperaturschwankungen, die hohe relative Feuchtigkeit scheinen das doch vollkommen auszuschließen Und doch ist der Wärmeanspruch, den das Klima in Davos stellt, ein geringerer als wohl an allen Orten nördlich der Alpen und kaum größer als in der Riviera der schweizerischen und oberitalienischen Seen, und die Gleichmäßigkeit des Wärmeanspruches im Tages und Jahreslaufe ist eine größere als in allen diesen Orten Dies ist bewiesen durch systematisch während etlicher Jahre durchgeführte Messungen der Abkühlungsgröße Dr *Leonard Hill* hat sie in einfacher Form durchzuführen ermöglicht durch Konstruktion seines uberaus nützlichen und revolutionär wirkenden Kitta Thermometers, über welches er Ihnen selbst berichtet hat Auf dies Instrument wirken gleichzeitig alle meteorologischen

Faktoren Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und es gibt durch die Geschwindigkeit seiner Abkühlung nach künstlicher Erwärmung auf 37° (entsprechend unserer Körpertemperatur) in einer einzigen Zahl die Gesamtwirkung aller an durch seinen Wärmeverlust in Tausendstel Gramm calorien pro Centimeter und Sekunde. Durch Eichung ist für jedes einzelne Instrument der nötige Umrechnungsfaktor bestimmt und wird vom Fabrikanten mitgeliefert. In Davos ist es gelungen, ein relativ einfaches Instrument zu konstruieren, welches die Abkühlungsgröße dauernd registriert und die Verhältnisse sehr übersichtlich zeigt, indem es jederzeit direkt die Energie angibt, welche nötig ist, um den exponierten Abkühlungskörper auf der gewünschten Temperatur zu erhalten. Als solcher ist eine fast massive schwarze Kupferkugel gewählt, was gewisse Vorteile bietet, und als Ausgangstemperatur haben wir nicht 37° , sondern 33° bestimmt, was der Temperatur der Außenhaut des Menschen bei Zimmertemperatur entspricht. Zu beweisen ist nun freilich noch, daß die Abkühlungsgröße, welche diese toten Instrumente melden, auch wirklich proportional ist derjenigen, welche der Mensch erfährt. Für Davos ist das durch systematisch ein Jahr hindurch durchgeführte Messungen geschehen, indem die Temperatur der Backenhaut stets gleichzeitig gemessen wurde mit der Abkühlungsgröße. Es ergab sich eine weitgehende Proportionalität, wenn auch ein kleiner Gang erkennbar war derart, daß die Hautabkühlung bei großen Abkühlungswerten ein wenig (in praktisch zu vernachlässigendem Maße) langsamer stattfindet — durch größeren Reiz werden mehr physiologische Kräfte mobil gemacht. An anderen Orten sollten solche Parallelmessungen auch durchgeführt werden, sie werden vermutlich auch gute Proportionalität ergeben, vermutlich wohl aber einen anderen Proportionalitätsfaktor. Jedenfalls haben wir hier ein einfaches Mittel, die klimatische Fundamentalgröße, die Abkühlungsgröße, für den Menschen zu bestimmen. Von ihr hängt die Wärmemenge ab, welche der Mensch zu produzieren hat, um seine Körpertemperatur auf ihrem konstanten Niveau zu erhalten, sie sagt dem Arzte in einer einzigen Zahl ob er ein Reiz- oder Schonungsklima und welchen Grades findet. Durch diese Grundzahl werden die meteorologischen Tabellen heutiger Form erst recht ihren Wert gewinnen, denn, ist erst einmal die Gesamtwirkung aller Elemente durch die Abkühlungsgröße bekannt, so werden sich die Einzelwirkungen, insbesondere des Windes, viel leichter aus den Tabellen deuten lassen.

Diskussionsbemerkungen zur Physikalisch Meteorologischen Abteilung siehe S. 549

3 BIOLOGISCHE ABTEILUNG

Einfluß von Licht und Temperatur in den Alpen auf Physiologie und Anatomie der Pflanzen

Herrn Prof Dr C Schroter (Zurich) zum 70 Geburtstag gewidmet
Von G Senn Basel

Die primären Aenderungen des Klimas, die sich mit der Erhebung über das Meeresniveau geltend machen, äußern sich in der Abnahme der Lufttemperatur und in der Zunahme der Sonnenstrahlung. Beides wird bekanntlich durch die mit der Meereshöhe erfolgende Abnahme der Mächtigkeit der auf der Bodenoberfläche ruhenden Luftschicht verursacht.

Da nun Licht und Temperatur die Lebensvorgänge der Pflanzen, die sich infolge ihrer Verankerung im Boden diesen Einflüssen nicht zu entziehen vermögen, wohl noch in hohem Maße beeinflussen als die entsprechenden Funktionen des Tierkörpers, mochte ich hier in kurzem darlegen, in welcher Weise diese beiden Faktoren auf die Physiologie sowie auf die Morphologie und Anatomie der Pflanzen des Hochgebirges wirken.

Da der verfügbare Raum nicht erlaubt, auf die interessante Geschichte dieses Problems einzutreten, gehe ich gleich dazu über, die wichtigsten Resultate mitzuteilen, die ich in Verbindung mit meiner früheren Assistentin, Fräulein Dr. *Henrici*, über die Abhängigkeit der Physiologie der Alpenpflanzen von Licht und Temperatur gewonnen habe.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß gleichzeitig also unter denselben äußern Bedingungen ein aus der Ebene und ein aus den Alpen stammendes Individuum derselben oder einer andern Spezies untersucht wurden. Diese Versuche führten wir sowohl in der Ebene, d. h. im Botanischen Garten in Basel bei 273 m über Meer, als auch in den Alpen durch und zwar vorwiegend auf Muottas Muragl oberhalb Samaden im Engadin, in einer Höhe von 2450 m. Da gleichzeitig mit den Versuchen auch die meteorologischen Einflüsse Temperatur, Sättigungsdefizit und so gut es ging auch die Lichtintensität bestimmt wurden, ließen sich die zu verschiedenen Zeiten gewonnenen Resultate unter einander vergleichen und gewisse Gesetzmäßigkeiten in der Abhängigkeit der Individuen verschiedener Herkunft von äußern Faktoren feststellen.

Bekanntlich bezieht die grüne Pflanze ihre Nährstoffe mittels zweier durchaus verschiedener Organe aus zwei verschiedenen Quellen, nämlich erstens mit ihren Blättern den Kohlenstoff in Form von Kohlendioxyd aus der Luft, ein Vorgang, der abgesehen von einigen Bakterien

nur unter dem Einfluß des Lichtes stattfindet und zweitens mit ihren Wurzeln die anorganischen Salze Nitrate Sulfate Phosphate des Kalium Kalziums Magnesiums Eisens usw. in Form verdünnter wässriger Lösungen aus dem Boden

Ueber die *Kohlensäure-Assimilation der Alpenpflanzen* hat Frl Dr. *Henrici* wichtige Arbeiten veröffentlicht. Aus der ersten derselben (1918) geht hervor, daß das intensive Licht der Alpenregion die CO₂-Assimilation der Alpenpflanzen gegenüber den aus der Ebene stammenden Individuen wesentlich fördert. Allerdings beginnen die Ebenenindividuen schon bei *niedrigeren* Intensitäten die Kohlensäure zu reduzieren. Wenn aber die direkte Alpensonne wirksam ist, so assimilieren die Alpenindividuen dauernd viel mehr Kohlensäure als die Individuen der Ebene, deren Assimilationsgröße auf einer bestimmten Höhe stehen bleibt oder sogar allmählich abnimmt. Diese Ueberlegenheit des Alpen Individuums macht sich bei sehr hoher Lichtintensität selbst bei relativ hohen Lufttemperaturen von 20° C und mehr geltend, während bei diesen hohen Temperaturen, aber in *schwachem* Licht, das Ebenen Individuum mehr Kohlensäure assimiliert.

Bei *niedrigen* Lufttemperaturen, das heißt unter +1—8° C, assimilieren die Alpenpflanzen in schwachem wie in starkem Licht stets mehr als die Ebenenpflanzen. Die Individuen verschiedener Herkunft ernähren sich somit unter *den* Bedingungen am besten, die an ihrem natürlichen Standort gewöhnlich realisiert sind. Da aber die Alpenpflanzen auch bei *niedrigen* Temperaturen, das heißt unter 0° C, sehr starke Kohlensäure Assimilation zeigen, während ihre Atmung gleichzeitig gering ist, scheinen sie eine absolut größere Menge von Kohlehydraten zu bilden, als die Ebenenpflanzen. Dabei wird aber diejenige Menge, welche weder zur Atmung noch zum Wachstum verwendet wird, bei Temperaturen unter +6° C nicht zu Starke kondensiert, sondern bleibt als Zucker gelöst in der Zelle eine Tatsache die von weittragender physiologischer Bedeutung ist (*Henrici* 1921).

Ueber die Ernährung der Alpenpflanzen durch die *anorganischen Salze des Bodens* sind noch keine direkten Untersuchungen angestellt worden. Ich konnte zwar nachweisen, daß die meisten Pflanzen der Alpwiesen im starken Alpenlicht stärker transpirieren als Ebenen Individuen derselben Spezies. Und da hierbei die Pflanzen nicht welkten, müssen sie eine entsprechende Menge von Wasser aus dem Boden aufgenommen haben. Ob jedoch dieses Bodenwasser der Alpen auch die anorganischen Nahrungsalze der Pflanzen in der erforderlichen Qualität und Quantität tatsächlich enthält, wurde noch nicht untersucht. Ja die Tatsache, daß die Färbung der Alpweiden an nicht gedüngten und nicht bewässerten Stellen weniger tiefgrün ist, als in nährstoffreichem Boden, läßt vermuten, daß die Pflanzen des natürlichen alpinen Weidebodens die Bodensalze nicht in *der* Menge aufnehmen können, die der von den Blättern gebildeten Menge von Kohlehydraten entspricht.

Meine *Wachstumsmessungen* in den Alpen haben ergeben, daß dieser Lebensprozeß wenigstens in den oberirdischen Teilen, den Stengeln und Blättern, meist stark gehemmt wird. Wie ein Vergleich von Kartoffeln, die einerseits im dunkeln Keller, andererseits im Tageslicht auswachsen beweist, hemmt das Licht das Längenwachstum des Stengels. Dementsprechend wachsen die meisten unserer Ebenenpflanzen fast ausschließlich nachts. Da aber in den Alpen die Lufttemperatur sich nachts nicht immer, jedenfalls nie hoch über den Nullpunkt erhebt, können die Pflanzen so hoher Standorte im Gegensatz zu denjenigen der Ebene nachts nicht wachsen. Da aber am Tage die Lichtintensität in den Alpen viel höher ist, als in der Ebene, sind die meisten Alpenpflanzen ebenso wenig imstande am Tage zu wachsen, wie die Ebenen-Pflanzen. Meine Messungen haben nun ergeben, daß die Mehrzahl der Alpenpflanzen ihr Wachstum gerade nach Sonnenuntergang bewerkstelligt, dann eben, wenn die Lichtintensität stark abgenommen hat, die die Pflanze umgebende Luft jedoch durch die Ausstrahlung des tagsüber stark erwärmten Bodens noch eine Temperatur aufweist, die das Wachstum ermöglicht. Daß dieses aber geringer ist als dasjenige der Ebenenindividuen, beweist die allgemein geringere Größe der oberirdischen Pflanzenorgane, das heißt der Stengel und Blätter der Alpen-Individuen.

Daß aber diese Kleinheit tatsächlich auf der hemmenden Wirkung des starkern Lichts während des Tags und der niedern Temperatur während der Nacht beruht, beweisen die Wurzeln der Alpenpflanzen, die, weil nie der kalten Luft und nie dem Licht ausgesetzt, relativ, ja sehr oft auch absolut größer werden, als diese Organe bei tiefer unten wachsenden Individuen derselben Spezies (zum Beispiel *Campanula barbata*).

Immerhin muß ich bemerken, daß wir auch einige wenige Pflanzen kennen, deren Wachstum vom Licht nicht gehemmt wird und die deshalb stets dann wachsen, wenn eine bestimmte Temperatur erreicht ist, gleichgültig ob Licht wirkt oder nicht. Zu dieser physiologischen Gruppe gehört unter den Alpenpflanzen *Arnica montana*. Ob sich noch andere Spezies der Alpen gleich verhalten, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Von *Bewegungserscheinungen* bei Alpenpflanzen habe ich bisher nur die Kriumbewegungen der Stengel der Alpenazalee, *Loiseleuria procumbens*, untersucht. Wie bekannt, bildet dieses Strauchlein mit Vorliebe kleine Spalierbaumchen, welche ganze Felsen überziehen können. Befestigt man nun einzelne Zweige eines solchen Baumchens so in vertikaler Lage, daß sich das wachstumsfähige Ende des Zweiges frei bewegen kann, so krummt es sich innerhalb einiger Tage wieder nach dem Felsen zu, und zwar dadurch, daß die vom warmen Fels abgewandte Seite des Stengels stärker wächst, als die ihm zugewandte. Wir hätten es demnach mit einem Fall von positivem Thermotropismus zu tun. Jedenfalls glaube ich meine Beob-

achtungen in diesem Sinne deuten zu dürfen, obwohl ich den strikten Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung erst noch erbringen muß

Diese rasch skizzierten Resultate über die Physiologie der Alpenpflanzen lassen somit erkennen, daß das *intensive* Licht der Alpenregion die Kohlensäure Assimilation der Alpenpflanzen bedeutend fordert, während es gleichzeitig das Wachstum der Stengel und Blätter hemmt. Die *niedern Lufttemperaturen* die in den Alpen bei Nacht und bei bewolktem Himmel auch am Tage herrschen, hemmen das Wachstum ebenfalls, fordern aber gleichzeitig die Kohlensäure Assimilation der Alpenpflanzen selbst bei niedriger Lichtintensität. Bleibt die Temperatur unter $+6^{\circ}\text{C}$, so kann der bei der Kohlensäure Assimilation gebildete Zucker nicht zu Starke kondensiert werden. *Höhere Temperaturen* wie sie die Luft bei Sonnenschein und Windstille oder gleich nach Sonnenuntergang auch in den Alpen aufweist, fördern das Wachstum, hemmen jedoch die Kohlensäure Assimilation, letzteres jedoch nur, wenn das Licht gleichzeitig schwach ist. Die *hohen Bodentemperaturen* begünstigen allgemein das Wachstum der Wurzeln der Alpenpflanzen und können bei einzelnen Spezies wahrscheinlich auch thermotropische Wachstumskrümmungen hervorrufen, die zum Spalierwuchs führen.

Während somit das Alpenklima das *Wachstum* der Pflanzen — wenigstens ihrer oberirdischen Organe — hemmt, fordert es ihren *Stoffwechsel* in analoger Weise wie denjenigen von Mensch und Tier.

Mit Hilfe dieser allerdings noch sehr lückenhaften Kenntnisse der wichtigsten physiologischen Vorgänge in den Alpenpflanzen will ich nun den Versuch wagen die *morphologisch anatomischen Eigentümlichkeiten der Alpenpflanzen* unserem Verständnis näher zu bringen.

Auf den *morphologischen* Unterschied zwischen Individuen der selben Spezies, die in der Ebene und die in den Alpen gewachsen sind, wurden die Botaniker aufmerksam, sobald sie sich überhaupt mit Alpenpflanzen befaßten. Die im allgemeinen geringe Entwicklung der oberirdischen Organe, und die starke Ausbildung der Wurzeln wurde, nachdem erst die naiven Zweckmäßigkeits-Erklärungen überwunden waren, relativ früh in durchaus richtiger Weise darauf zurückgeführt, daß in der alpinen Region das Wachstum der oberirdischen Teile abwechselnd durch starke Licht- und niedrige Lufttemperatur gehemmt wird. Offenbar korrelativ mit dieser quantitativ schwachen Entfaltung der oberirdischen entwickeln sich aber die unterirdischen Organe der Alpenpflanzen um so stärker, weil die große Menge organischer Substanz, die für das Wachstum der oberirdischen Teile nicht verwendet werden kann, den im Wachstum geforderten Wurzeln zugute kommt.

Offenbar bildet der Ueberschuß organischer Substanz und die Hemmung des Wachstums von Stengeln und Blättern auch den Grund für die viel reichlichere Blüten- und Fruchtbildung der Alpenpflanzen.

viduen im Vergleich zu den Ebenen Pflanzen. Wie die Versuche *Vochtings* und besonders diejenigen von *Klebs* an Ebenen-Pflanzen gezeigt haben, wachsen die Vegetationspunkte zu Stengeln und Blättern aus, wenn ihnen viele anorganische Salze zugeführt werden und wenn gleichzeitig das Wachstum durch günstige Temperatur und schwache Belichtung gefordert wird. Umgekehrt tritt bei *Mangel* anorganischer Salze, bei *Ueberschuß* von Kohlehydraten und bei *Hemmung* des Wachstums Bildung von Blüten ein, Bedingungen, die gerade in den Alpen in besonders starkem Maße realisiert sind.

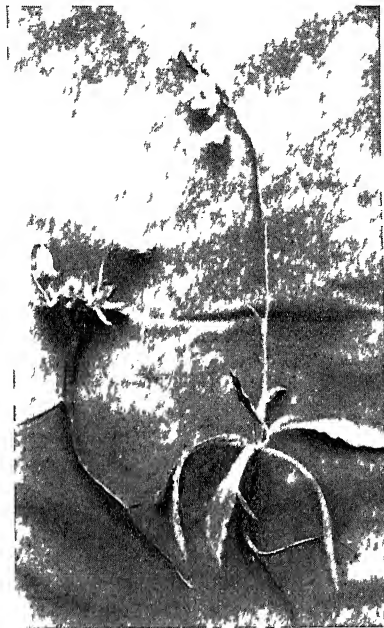


Fig 1 *Campanula barbata* L.

Links Individuum von 2500 m unterhalb des Gipfels des Eggerhorns
 Rechts Individuum des Tales bei 1500 m beide in Südexposition Binn Tal
 Oberwallis Horizontalistanz zwischen beiden Standorten nicht ganz 2 km
 $\frac{1}{6}$ natürl. Größe

Diese morphologischen Eigentümlichkeiten der Alpenpflanzen, der gedrungene Wuchs ihrer oberirdischen und die starke Entwicklung der unterirdischen Organe in Verbindung mit ihrem Blütenreichtum, hat manche Forscher dazu geführt, sie als Trockenpflanzen, als Xerophyten zu bezeichnen. Wir werden bei der Besprechung der anatomischen Verhältnisse noch zu untersuchen haben, ob dieser Schluß berechtigt ist. Bevor ich aber die anatomischen Eigenschaften der Alpenpflanzen behandle, möchte ich auf einige

ihrer *chemischen Eigentümlichkeiten* hinweisen, die von besonderm Interesse sind

Beim Besuch der Hochgebirge fällt die Intensität der Blütenfarben, speziell der roten und blauen, sehr bald auf. Ja manche Pflanzen, die in der Ebene weiße Blüten haben, bilden in den Alpen rote aus (z. B. *Achillea Millefolium*). Während man diese Tatsache früher mit der natürlichen Zuchtwahl zu erklären versuchte, indem nur die auffallenden Blüten von den relativ wenig zahlreichen Insekten der Alpenregion aufgesucht und bestäubt wurden, haben *Verton's* Untersuchungen gezeigt, daß der rote Farbstoff das Anthocyan besonders dann gebildet wird, wenn in den Zellen viel gelöster Zucker vorhanden und die Temperatur niedrig ist. Da, wie wir gesehen haben, unter $+1-8^{\circ}\text{C}$ von den Alpenpflanzen überhaupt keine Stärke gebildet, sondern die Kohlehydrate in Form von gelöstem Zucker gespeichert werden, bilden die Alpenpflanzen, welche der Anthocyanbildung überhaupt fähig sind, diesen Farbstoff notgedrungen in großer Menge aus. Deshalb auch die intensive Herbstfärbung der alpinen Heidelbeerblätter, die ganze Abhänge feuerrot erscheinen lassen.

Der bei niedriger Temperatur bestehende hohe *Zuckergehalt* der Alpenpflanzen hat aber noch eine weit größere Bedeutung. Wie *Maximow* nachgewiesen hat, schützt eine Zuckerlösung die Zellen verschiedener Pflanzen, sogar der gegen Kälte besonders empfindlichen Tropenpflanzen, in auffälliger Weise gegen Erfrieren. Dabei handelt es sich aber nicht etwa um die rein physikalische Gefrierpunktniedrigung infolge des hohen osmotischen Wertes der Zuckerlösung, sondern um eine spezifische, physiologische Wirkung verschiedener löslicher Kohlehydrate, eine Wirkung, die isotonische Lösungen anorganischer Salze nicht haben.

Da nun die Alpenpflanzen bei Temperaturen unter $+6^{\circ}\text{C}$ noch stark assimilieren, jedoch keine Stärke, sondern nur Zucker bilden, schützt dieser ihr Plasma automatisch gegen den Tod durch Erfrieren, automatisch deshalb, weil gleichzeitig, wenn die Temperatur sinkt, die etwa vorhandene Stärke zu Zucker hydrolysiert und bei der Assimilation nur noch Zucker gebildet wird. Diese Fähigkeit haben auch unsere Winterpflanzen der Ebene. Solche Pflanzen sind imstande, in kurzer Zeit steif zu gefrieren und wieder aufzutauen, ohne die geringste Schädigung erkennen zu lassen, ohne also zu erfrieren. Kann jedoch eine Pflanze die erforderliche Konzentration des schützenden Zuckers nicht rasch genug erzeugen, so ist sie dem Tod durch Erfrieren preisgegeben.

Ein weiterer chemischer Unterschied zwischen Alpen- und Ebenenindividuen sonniger Standorte besteht darin, daß die alpinen einen viel geringeren Gehalt an grünem Farbstoff, an *Chlorophyll* aufweisen. Entgegen früheren ungenauen Untersuchungen konnte *Frl. Dr. Henrici* einwandfrei feststellen, daß z. B. der Wundklee, *Anthyllus vulneraria*, pro 1 g Frischgewicht

in der Ebene bei 250 m über Meer	60 %
in den Alpen bei 2300 m über Meer nur	40 %

der Chlorophyllmenge enthält, die eine im Winter hergestellte Chlorophyllosung der Nessel, Urtica, aufweist

Manche Alpenpflanzen, die sich in der Nahe des Schnees entwickeln (*Soldanella alpina*, *Primula integrifolia* usw.) enthalten allerdings ebensoviel oder noch mehr Chlorophyll als die Ebenen Pflanzen, nämlich 70—74 %. Diese Pflanzen der Schneetalchen verhalten sich somit ähnlich wie die Schattenpflanzen und die Schneebliher der Ebene. Die Ursache scheint weniger auf der Intensität als vielmehr auf der Qualität des Lichtes zu beruhen, das vom Schnee reflektiert wird und das gerade wie das Licht, das das grüne Laubdach der Bäume passiert hat, relativ arm ist an rotgelben Strahlen. Mit zunehmender Erhebung über die Meereshöhe, also mit zunehmender Lichtintensität, nimmt aber der Chlorophyllgehalt auch der alpinen Schneetalchenpflanzen ab.

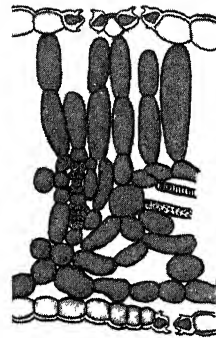
Es hat den Anschein, als ob die Sonnenpflanze dank der reichlichen Zufuhr von Lichtenergie die Kohlensäureassimilation mit einem geringern Quantum von Chlorophyll bewerkstelligen könne, falls nicht vielleicht auch hier die Salzzufuhr aus dem Boden mit im Spiele steht. Jedenfalls beweist der geringe Chlorophyllgehalt der alpinen Wiesenpflanzen, daß diese in noch höherem Maße Sonnen-Individuen sind als ihre Verwandten in der Ebene.

Als Sonnenpflanzen, d. h. als stark assimilierende Gewächse erweisen sich die Alpenpflanzen auch durch die *Organisation ihrer Blätter*. Diese sind nach den ausführlichen Untersuchungen meines Schülers, L. Lohr, durch größere Dicke, dichtern Bau und stärkere Entwicklung des Palisaden-Parenchyms ausgezeichnet. So zeigten 75 % der untersuchten Sonnenblätter mit zunehmender Meereshöhe eine Zunahme der Blattdicke. Es sieht so aus, als ob die Baustoffe, die infolge der Wachstumshemmung nicht für das Flächenwachstum verwendet werden können, zu einer stärkern Dickenentwicklung des Blattes führten.

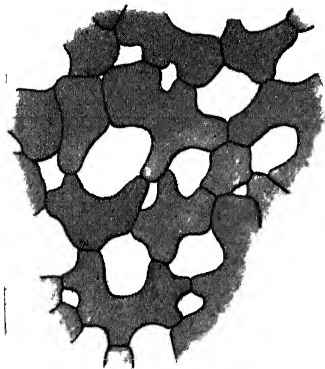
Da das Wachstum der ganzen Pflanze durch dasjenige der einzelnen *Zellen* resp. ihrer Membranen bedingt wird, so muß, wenn das Wachstum des ganzen Organs, z. B. der Blätter alpiner Pflanzen gering ist, auch das Wachstum von deren einzelnen Zellen gering sein. Dieser Schluß ist für die Auffassung der dichten Struktur der alpinen Blätter von besonderer Bedeutung. Während sich nämlich die unter der oberen Epidermis befindlichen Zellen vorwiegend in der Richtung *senkrecht* zur Blattfläche strecken und so zu Palisadenzellen werden, wachsen die gegen die Unterseite der Blätter zu gelegenen Zellen vorwiegend in der zur Blattfläche *parallelen* Richtung, sie werden dabei mehr oder weniger regelmäßig sternförmig. Je stärker nun dieses ihr Wachstum ist, desto länger ihre Sternarme und um so größer die Märschen oder Interzellularräume, welche zwischen den Zellen entstehen. Ein Blatt mit wohl entwickeltem



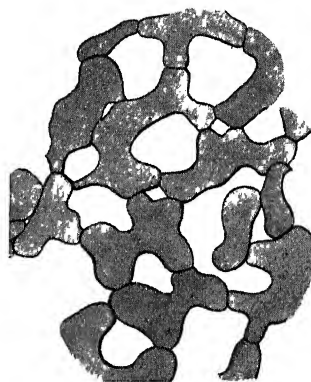
a



b



a



b

Fig 2 *Campanula barbata* L

oben Querschnitte durch das Blatt Vergr 220

unten Flächenschnitte durch das Schwammparenchym Vergr 340

a) des alpinen Individuums

b) des Tal Individuums

} die in Fig 1 abgebildet sind

Schwammparenchym hat deshalb lockeren Bau. Nun hat aber *Lohr* festgestellt, daß 68 % der von ihm untersuchten Pflanzen mit zunehmender Meereshöhe das Schwammparenchym weniger typisch ausbilden, dafür aber ein gleich stark oder starker entwickeltes Pali

sadenparenchym entwickeln als die Pflanzen der tiefern Lagen. Das Extrem wird in dieser Beziehung z. B. durch den Gletscher Hahnenfuß repräsentiert, dessen Blätter oft ausschließlich aus Palisadenzellen bestehen. Welches jedoch der oder die äußern Faktoren sind, welche die Bildung von Palisadenzellen fordern, wissen wir noch nicht. *Bonnier* hatte geglaubt, sie auf den Reiz des Wechsels von Licht und Dunkelheit zurückführen zu können. Neuere, durch *Massart* ausgeführte Untersuchungen lassen aber *Bonnier's* Schlüsse zweifelhaft erscheinen. Daß es sich aber möglicherweise um eine Reizwirkung handelt, auf die das Blatt durch reichliche Ausbildung von Palisadenzellen reagiert, darf vielleicht aus der Tatsache geschlossen werden, daß schon *Leist*, *Bonnier* und nach ihnen auch *Lohr* für verschiedene Ebenen Pflanzen, z. B. *Chenopodium Bonus*, *Henricus*, *Acer Pseudoplatanus* usw., in bedeutender Meereshöhe eine Abnahme der Palisadenbildung feststellen konnten. Demnach sind die optimalen Bedingungen für die Palisadenbildung bei diesen Pflanzen in einer geringern Meereshöhe realisiert als bei den Hochalpinen.

In den meisten Fällen, in denen eine Abnahme des Schwammparenchyms und eine Zunahme des Palisadenparenchyms vorlag, konnte *Lohr* auch eine Abnahme des Volumens der Interzellularräume feststellen. Er bediente sich dabei der Methode *Ungers*, die auf der Wägung des Blattes vor und nach seiner Injektion mit Wasser beruht. *Lohr* fand, daß das Interzellularvolumen mit zunehmender Meereshöhe abnimmt. Während es bei den an Schwammparenchym reichen Blättern der Ebenen-Pflanzen bis 40 % des gesamten Blattvolumens betragen kann, zeigen die Blätter von Pflanzen, die in der Nivalregion, d. h. über 2800 m, gewachsen sind, mit geringen Ausnahmen (8 %) ein Interzellularvolumen, das unter 21 % des Gesamtblattvolumens liegt. Sie besitzen im Vergleich mit Pflanzen tieferer Standorte ein dichteres Blattgefüge, das fast ausschließlich aus langen Palisadenzellen besteht. Weshalb trotz der Wachstumshemmung, die den dichtern Bau zur Folge hat, die Blattzellen der Nivalpflanzen zwar zu Palisadenzellen, jedoch nicht zu Schwammparenchymzellen auswachsen können, ist eine noch ungelöste Frage.

Ähnliche Fragen erheben sich angesichts der Tatsache, daß die Dicke der Epidermis — der äußersten farblosen Zellschicht, welche das Blatt umschließt — bei 50 % der Pflanzen mit zunehmender Meereshöhe eine Zunahme, bei 23 % dagegen eine Abnahme aufweist. Es scheinen auch hier spezifische Reizreaktionen vorzuliegen, die noch keine allgemeinen Schlüsse erlauben.

Dagegen zeigt die Cuticula — die von der Außenwand der Epidermiszellen ausgeschiedene Schicht — bei den Alpenpflanzen fast durchwegs eine größere Dicke als bei den Ebenenpflanzen. Dies ist offenbar eine Folge der reichlichen Bildung von Kohlehydraten. Die dicke Cuticula verleiht den alpinen Blättern eine gewisse Derbheit und den Anschein des Xerophyten Charakters. Ob jedoch ein solcher bei den Alpinen ebenso allgemein ist, wie die Verdickung der Cuticula

und das geringe Interzellularvolumen, soll nun im Zusammenhang mit dem Spaltöffnungsapparat und der Transpiration diskutiert werden

Wie *Lohr* feststellen konnte, nimmt die Zahl der Pflanzen, deren Blattoberseite an Spaltöffnungen — dieser selbstregulierenden Poren für den Gaswechsel — reicher ist als die Unterseite, mit zunehmender Meereshöhe zu. Dies und die Tatsache, daß diese Öffnungen pro Flächeneinheit in größerer Zahl als bei den Ebenen Pflanzen vorhanden sind und nie tief in das Blatt eingesenkt sind, das deutet auf stärkere Durchlüftung der alpinen Blätter hin und spricht durchaus gegen ihren Xerophyten Charakter. Denn wirkliche Trockenpflanzen sind durch kleine Spaltöffnungszahlen charakterisiert. Der starken Durchlüftung der alpinen Blätter entspricht aber auch eine starke Transpiration. So zeigte z. B. der Gletscher Hahnenfuß, dessen Blätter fast ausschließlich aus Palisadenzellen bestehen und auf Ober- und Unterseite Spaltöffnungen haben, unter allen von mir untersuchten Alpenpflanzen bei Tage die stärkste Transpiration. Und doch wurde gerade er, wie übrigens die meisten Alpenpflanzen, als Trockenpflanze, als Xerophyt, bezeichnet.

Unter solchen verstand man ursprünglich rein *biologisch* solche Gewächse, welche an trockenen Standorten, z. B. auf trockenen Felsen oder in Wüsten wachsen. Von ihrem Habitus abstrahierte man dann später einen bestimmten *morphologisch anatomischen* Typus, der durch gedrungenen Wuchs, kleine Blätter, dicke Epidermis und Cuticula, geringe Zahl der Spaltöffnungen, durch dichten Blattbau und das Vorherrschen der Palisadenzellen charakterisiert wurde. Diesen Begriff hat besonders *Schimper* in seiner Pflanzengeographie viel verwendet und darin auch die Alpenpflanzen als Xerophyten bezeichnet. Da Versuche ergeben hatten, daß wirkliche Xerophyten wie *Sempervivum* usw., sehr wenig transpirieren, war ich höchst erstaunt, als ich bei den meisten Alpenpflanzen, diesen sogenannten Xerophyten, höhere Transpirationswerte fand als bei den Wiesenpflanzen der Ebene, ja sogar höhere als bei typisch hygrophilen Schattenpflanzen. Entweder paßt also die Bezeichnung Xerophyten für die Alpenpflanzen nicht, oder es ist in der Definition des Begriffes der Xero- und Hygrophyten etwas nicht in Ordnung.

An diesem Orte auf die verwickelte Frage einzutreten, welche Pflanzen man eigentlich als Xerophyten und welche man als Feuchtigkeitspflanzen bezeichnen soll, wurde hier zu weit führen. Ich muß mich mit der Feststellung begnügen, daß neben einer allerdings kleinen Zahl von unbestreitbaren Xerophyten, wie Hauswurz und einiger Steinbrecharten, die Alpenpflanzen keine Xerophyten sind, sondern durch ihre Spaltöffnungen meist viel mehr Wasser abgeben als entsprechende Pflanzen der Ebene. Das, was man bisher fast allgemein als Xerophytenmerkmale der Alpenpflanzen aufgefaßt hat, speziell den gedrungenen Wuchs, das dichte Gewebe und die dicke Cuticula, muß auf Grund der physiologischen Untersuchungen als Folge reichlicher Kohlensäureassimilation bei relativ geringer Salzzufuhr und

starker Wachstumshemmung durch intensives Licht und niedrige Temperatur betrachtet werden. Vielleicht wirkt der starke und oft rasche Wechsel von hoher mit tiefer Temperatur und von intensivem Licht mit Dunkelheit auch als morphogener Reiz, der die Differenzierung der Blattzellen zu Palisaden zur Folge hat. Gerade hierüber sind jedoch die Akten noch nicht geschlossen.

Obwohl wir also in dieser Richtung noch nicht klar sehen, er scheint die Frage der Anpassung der Alpenpflanzen an das alpine Klima in einem etwas andern Licht als bisher. Die alpinen Gewächse sind mit ihrem Zwerg- und Spalierwuchs und ihren leuchtend roten und blauen Blüten keine Produkte der natürlichen Auslese, in dem Sinne etwa, daß sich nur solche Spezies im Alpenklima halten konnten, welche leuchtende Blüten ausbildeten und deshalb von den bestäubenden Insekten nicht übersehen wurden, und welche klein blieben und deshalb nicht erfroren, oder endlich, welche ein gegen niedere Temperaturen besonders widerstandsfähiges Protoplasma aufwiesen. Ihr niedriger Wuchs ist vielmehr, ebenso wie ihr dichtes Gewebe, die notwendige Folge der Wachstumshemmung durch das alpine Klima, ihre Kalteresistenz und ihr Reichtum an rotem und blauem Anthocyan eine ebenso notwendige Folge ihres Reichtums an gelosten Kohlehydraten, die in Folge der häufig vorkommenden Temperaturen unter $+6^{\circ}\text{C}$ nicht zu Starke kondensiert werden können.

Es handelt sich also bei der Anpassung der Pflanzen an das Alpenklima nicht um sogenannte direkte Bewirkung und zielstrebige Zweckmäßigkeit. Vielmehr ist das, was wir an ihnen für zweckmäßig betrachten, eine notwendige Folge der allgemeinen Organisation der Pflanzen und der Bedingungen, unter welchen sich ihre chemisch-physiologischen Umsetzungen in den Alpen abspielen müssen. Daneben scheinen aber auch Reizwirkungen im Spiele zu sein, auf welche der pflanzliche Organismus nicht in chemisch quantitativer, sondern in spezifisch physiologischer Weise reagiert. Dadurch beweisen aber die Alpenpflanzen, daß sie keineswegs nur Produkte ihres alpinen Milieus sind. Sie erweisen sich vielmehr als ausgesprochene Individualitäten, deren genaue physiologische Analyse eine reizvolle Aufgabe noch mancher weiteren Untersuchung bilden wird.

Literatur

- 1895 Bonnier G. Annales d. Sc. nat. Bot. 7. ser. Vol. 20 S. 217 ff. —
 1918 Henrici M. Verhandl. Naturf. Ges. Basel Bd. 30, S. 43—136. —
 1921 Ebenda Bd. 32 S. 107. — 1913 Klebs G. Handwörterbuch d. Naturw. Bd. 4, S. 289 ff. — 1889 Leist K. Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern S. 159—201. —
 1919 Lohr P. L. Recueil des travaux bot. néerland. Vol. 16 S. 1 ff. —
 1922 Massart J. Recueil de l'institut Errera Vol. 10 S. 148—152. — 1912
 Maximow N. A. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. Bd. 30 S. 52 ff. 293 ff. 504 ff. —
 1899 Overton E. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 33 S. 215. — 1898 Schimper
 A. F. W. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. G. Fischer.
 Jena. — 1922 Senn G. Verhandl. d. Schweiz. Naturf. Ges. Jahresvers. in
 Bern II. Teil S. 154—168. — 1893 Vochting H. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 25
 S. 157 ff.

Die Flora des Davoser Landwassertales als Ausdruck seiner Climavarianten

Dr med et phil *Schubler* (Davos)

Es ist mit Recht gesagt worden, man brauche einem Botaniker nur das Herbarium eines ihm ganz unbekannten Landes vorzulegen und er sei im Stande über das Klima desselben ganz bestimmte Aussagen zu machen. Die an den Boden gebundene Pflanze, zu jeder Jahreszeit allen elementaren Einflüssen ausgesetzt, kann sich ihnen nicht wie das Tier und der Mensch mit freier Beweglichkeit entziehen. So muß sich auch in der Flora eines Gebietes sein Klima widerspiegeln. Pflanzengeographie, Pflanzensociologie, Vegetations schilderungen einer Gegend sind daher ohne Darlegung ihrer climatischen Verhältnisse undenkbar. In Tiefebene, oder auch auf weit hin gleichmäßig sich erstreckenden Hochebenen wird das Klima, die es bedingenden Faktoren, Luftdruck, Wärme, Sonnenstrahlung, Niederschläge, Winde, Bewölkung, Luftfeuchtigkeit etc. sich auf großen Strecken nur wenig und langsam verändern, und dem entsprechend unendliche Flächen sich mit demselben Wald, Grasflur, Moostundra, Wustenv egetation überziehen. Anders im Hochgebirge! Der orographische Aufbau des Landes in seiner unendlichen Mannigfaltigkeit schafft größte Gegensätze, die auf kurze Strecken die einzelnen climatischen Factoren beeinflussen, verändern müssen. Steht fast die ganze Schweiz noch unter dem Einfluß des atlantischen Meeres und seines oceanischen Klimas, mit seiner Regenfülle und gemäßigten Extremen, und fühlen wir diesen Einfluß noch bis ins hintere Prattigau, so gehört Davos schon mehr dem bündnerischen Hochboden an, mit seinem eigenen, dem kontinentalen genäherten Klima, trocken mit relativ warmem Sommer und kaltem, schnee reichem Winter. Klosters hat 125 cm Niederschlag, Davos Platz dem Prattigau noch ganz benachbart, bloß noch 93 cm, und im untern Teile des Landwassertales näher seiner Ausmündung ins Albulatal sind es noch weniger — bloß noch 80 cm. Oft kann man die drauende Wolkenwand, aus der Tiefe des Talkessels von Klosters über die Paßschwelle des „Wolfgang“ sich heranwalzen sehen, doch über dem plötzlich sich

weitenden Hochtale von Davos angelangt, zerteilen sich die Massen, lösen sich auf, oder schleichen den Bergflanken entlang um aufsteigend sich hoher um die Gipfel zu lagern. Der Paß des „Wolfgang“, entstanden durch einen postglacialen Bergsturz von der Todtalp, — man wäre fast geneigt zu sagen unnatürlich, die Taler der Landquart und des Landwassers, Davos und Prattigau, die zusammen gehören, voneinander scheidend — ist auch floristisch bedeutsam. Dahinter, abgeriegelt durch die Schuttmassen liegt der Davosersee, eigentlich ein ersoffenes Tal, das sich einst über Frauenkirch hinaus erstreckte 1560 m hoch gelegen, senkt es sich von hier ab erst breit und flach, ein mit Alluvium erfüllter See, von Glaris ab sich immer mehr verengernd bis zu 1000 m unweit der berühmten Landwasserbrücke der Rhätischen Bahn, zuletzt in oft unzugänglicher Cañon ähnlicher Schlucht. In der Gegend von Glaris muß die alte Wasserscheide bestanden haben zwischen Landquart und Albula, bis der gestaute See seinen Ausgang nicht nach Osten zu seiner alten Mutter, der Landquart, sondern nach Westen durch die jungemalerische Erosionsschlucht, der Züge nach der Albula schuf und dadurch Davos in innigere Verbindung mit Innerrhätien trat. Aber heute noch ist hier „in den Zügen“ eine klimatische und Floragrenze zu spüren. Je näher wir dem Albulatal kommen desto trockener wird das Klima desto xerothermer die Flora. Seitentaler führen aus dem Haupttal bis an den Fuß der Gletscher, und Gipfel die in die nivale Region hineinreichen, umkränzen es von allen Seiten. Das Klima einer so wechselvoll gegliederten Landschaft kann daher durch die Beobachtungen einer einzigen meteorologischen Station nicht fest gelegt werden, und was die Station von Davos Platz, mitten in der subalpinen Nadelwaldregion bei 1560 m gelegen, aussagt, gilt eigentlich nur für diesen Ort. Aber auch hier am Ort schon Gegensätze! Wenn im Winter die schweren, kalten Luftmassen zum Landwasser dem tiefsten Punkte sich senken, brauchen wir am Berg hang nur 100 m aufwärts zu steigen um 5—10° Wärmeunterschied zu constatieren. In wie mancher Winternacht habe ich mit fast erfrorenen Ohren und Nase das Landwasser passiert, und etwa nach Clavadel aufwärts strebend im Walde angelangt, geglaubt mich in warmer Stube zu befinden. Dann die verschiedene Lage zur Sonne. Wenn rechts vom Landwasser, auf der Sonnenseite im Frühling schon die Wiesen grünen, Crocus blüht und Gentianen unter strahlendem blauen Himmel, liegt die linke die „Luzi“ seit der Davoser noch wochenlang unter Schnee. Daher haben die alten Bauern auch alle ihre Heimwesen fast nur auf der „Sünni“ Seite erstellt. In den schmalen Seitentälern erreicht die Sonne im Winter nur kurze Zeit den Talboden, der Wald geht noch heute auf der Schattenseite fast überall bis zum Talbach herab, und wenn im Haupttal im Frühling schon lange auf trockener Straße der Wagen fährt gleitet da noch der Schlitten — aber auch hier haust hoch oben auf sonnigen Halden, inmitten seiner Wiesen und Aecker der Bauer, welcher die

Vorzüge des Abhangclimas schon lange erkannt hatte, bevor die Meteorologie sich mit ihm beschäftigte

Verfolgen wir den Wald, die mächtigste Vegetationsform und Ausdruck des subalpinen Klimas bis in die Hintergründe des Tales, sind wir erstaunt zu sehen, wie er plötzlich in der Talsohle aufhört, während an den Talseiten er sich noch hoch hinaufzieht — eine Wirkung der von den Gletscher kommenden kalten austrocknenden Luftströmungen. Wo immer wir auch das Auge erheben, erblicken wir den Wald aber auch in den Hohen, begrenzt plötzlich aufhören, zwar nicht in einer geraden, sondern vielfach eingebuchteten, ein- und ausspringenden Linie — der Waldgrenze. Sie ist sicher auch eine wichtige klimatische Grenze, die der Mensch allerdings oft durch das Hineinroden in den Wald von oben herab zerstört hat. Die Baumgrenze, die Verbindung zu einer Linie aller hochst ansteigenden Bäume gibt uns aber ein richtiges Bild des möglichen Baumlebens in unserm Tale. Sie liegt bei uns zwischen 2050—2250 m, also bedeutend höher als in den Voralpen, eine Wirkung des centralalpinen Klimas. Immerhin gibt es noch manche Stellen an der Baumgrenze, unberührt vom Alpenbauern, dem es sich nicht verlohnte, den Wald zu roden um Holz und schlechte Weide zu gewinnen, wo uralte Arven und Larchen, meist mit abgestorbenen Wipfeln oder ganz tot hoch in die Weide aufsteigen, und ringsum von Blitz und Sturm gefällte Stämme am Boden liegen, der Nachwuchs fehlt oder zur Grotzenform verdammt ist. Nach Erfahrung kann heutzutage Nachwuchs nur im Schutze des geschlossenen Waldes hochkommen, so daß wenn diese Veteranen einst auch dahingegangen sein werden die Hochalpen wieder tiefer zu Tale gerückt sein wird. Hat sich somit das Klima in letzter Zeit verschlechtert? Leider besitzen wir über das Klima an der Baumgrenze keine Beobachtungen, nicht einmal Totalisatoren berichten uns über das Quantum der jährlichen Niederschläge. Aber das Schwanken der Baumgrenze innerhalb 2050—2250 m, ihr Hohersteigen in der Mitte der Seitentäler, ihr Aufsteigen an gegen Süden, Südwesten gewendeten Felspartien, in geschützten Tobeln, ihr Absteigen an von kalten Winden bestrichenen Falausgangen, ihr plotzliches Absinken im Hintergrund der Seitentäler belehrt uns auch hier über das Variieren verschiedener klimatischer Factoren. Meist ist es nicht mehr die Fichte, obwohl sie 2150 m erreichen kann, sondern Arve und Larche, die in schmalen Gürteln an der Grenze des Waldes stehen, die beiden Asiaten, die einst aus Sibirien, wo sie ungeheure Walder bilden, congenial dem extremsten continentalen Klima, zu uns gekommen sind. Aus dem Walde vordringend, leitet ein Zwergstrauchgürtel je nach den oekologischen Bedingungen aus Alpenrose, Alpenerle, Callunaheide, oder wenn man die Bergföhre, die Latsche, zu den Strauchern zählen will, aus *Pinus montana prostrata* bestehend, hinüber in eine neue klimatische Provinz, in die alpine Region. Die Gewalt der meteorologischen

Phänomene erlaubt keinen Baumwuchs mehr, und die Vegetation Krauter und die wenigen Strauchlein suchen den Schutz und die Wärme des Bodens 600—700 m erstreckt sich diese alpine Wiesenregion in die Höhe, von Mitte Juni ab, mit dem weichenden Schnee unter der scharfen strahlenden Sonne tausendfältig mit den reinen, vielfarbigen Blüten dieser Region sich schmuckend, je nach der Unterlage den Pflanzengesellschaften des *Curvuletums* der Fettkrautweide, des *Nardetums*, der Schneetalchenflora, dem *Seslerieto Semperviretum*, dem *Semperviretum* etc. angehörig. Wie durch einen Garten hindurch steigen wir an über weithin gestreckte Fluren, bis endlich die Wiese sich zu zerteilen anfangt sich auflöst nur ein Pionierrasen sich noch in immer ausgedehntere Schutthalden, auf Felsgrate hinauf und hineinzwangt und wir die ersten perennierenden Schneeflächen erreichen. Wieder eine neue klimatische Stufe, die nivale Region beginnt, in der die Sonnenwärme nicht mehr genügt, um den Winterschnee wegzuschmelzen. In der Theorie stellt man sich diese Schneegrenze leicht als eine Linie vor die sich etwa parallel der Waldgrenze um die Berghänge legt. Nichts davon noch niemand hat sie so bei uns gesehen, wie sie *Hans Meier* in seinen Andenansichten als nach unten gerade abgeschnittene Linie am wunderbar regelmäßigen Firnhaupt des *Pic von Orizaba* erkennen läßt. Nur durch bald tiefer bald hoher gelegene Firnflächen zwischen denen sich weit breitere apere Streifen und Kamme bis zu den meist schneefreien Gipfeln hinanziehen, ist in unserem orographisch so mannigfach gestalteten Terrain die Schneegrenze bezeichnet, nur in der Grenzkette gegen das Engadin dehnen sich um den *Piz Vadied* weite Gletschergebiete aus, aber auch hier ragen die Gipfel als *Nunataker* aus dem Eise empor. Die Verbindung dieser untersten Schneeflecke mußte eine Linie ergeben noch viel unregelmäßiger, buchtiger ausgezackt als die Baumgrenze, und ist diese gemäß der schon auf unserem kleinen Gebiete wechselnden klimatischen Verhältnissen nicht überall gleich hoch gelegen. Sie ist in der *Strelakette*, rechts vom Landwasser auf 2750 m er rechnet worden, steigt links von demselben auf 2800 m, um in der Grenzkette 2850 m zu erreichen, womit auch ein jeweiliges Hohersteigen \pm geschlossener Vegetation verbunden ist, sofern nicht locale Verhältnisse, Schutthalden, Felsen dies verunmöglichen. Das Klima der nivalen Region ist oft mit jenem des *Arctis* verglichen worden, und zeigt so verschieden manche Faktoren auch sind Luftdruck, der permanente Sommertag, die lange Winternacht, die andere Sonnenstrahlung etc., doch auch gemeinsame Züge im Verlauf der Warmecurve, der Art der Niederschläge, der Ausaperung usw. daß es uns nicht wundern darf, wenn auch die Flora so viel Ähnliches in Physiognomie und Artengleichheit die freilich in letzter Linie auf ein geschichtliches Moment zurückzuführen ist darbietet. Auf nicht weniger als ein Drittel hat *Christ* den Anteil arctisch nordischer Arten in der Alpenflora berechnet, und wenn

auch die nivale Region vielleicht keine einzige ihr allein zugehörige Pflanzenart besitzt, so zeigt sich doch ihre Verwandtschaft mit der Arctis darin, daß der Anteil der nordisch arctischen Arten in der Höhe steigt, und auf manchen Gipfeln mehr als die Hälfte beträgt

Aber auch innerhalb aller dieser climatischen Regionen zeigen sich eine ganze Abstufung von climatischen Faktoren, Localclimate die sich durch ihre eigentümliche Flora, Vegetation sofort verraten. Stehen wir etwa auf dem Gipfel des Wuosthorns in Sertig über 2800 m hoch, sehen wir den Nordhang absolut kahl unter uns liegen, kaum daß eine arctische *Saxifraga oppositifolia* oder ein *Ranunculus glacialis* vermögen über Geröll und Grus obzulegen, während vor uns im Suden (Süd Westen, Süd Osten), warm in der Sonne liegend eine ganze Florula prangt. *Dechampsia caespitosa* ist aus der Ebene bis hier hinaufgestiegen noch 2 Fuß hoch, *Poa annua supina*, *Poa alpina*, *Carex sempervirens*, *Agrostis rupestris*, *Carex cuiculata* etc schließen noch fast zum Rasen zusammen, und unter ihnen sind dazwischen schon blühende Kräuter. Dort der Nordhang, fast jede Nacht gefroren, spät am Tage auftauend, läßt keine Keimpflanze aufkommen, hier im Suden die Erde unter der starken Insolation der Alpen Sonne sich rasch und kräftig erwärmend. Manche Polsterpflanzen entwickeln sogar Eigenwärme und schaffen günstige Keimbetten, die anderen Arten wieder ein Festsetzen und Entwicklung gestatten, und sind sie einmal erstarkt, so bringen sie es zur Blüte und Frucht trotz stärkster Kältegrade. Schon Ende April habe ich auf dem Kl Schiahorn bei 2680 m eine ganze aufblühende Colonie angetroffen, wo alles noch ringsum von Schnee und Eis erstarrte und jede Nacht der Boden gefror. Wenn *Kyellmann* am Cap Tscheljuskin unter 80° N. B. beim Einwintern eine *Cochlearia* blühend fand, und sie im Frühling beim Wiederauftauen einfach ihren Lebensprozeß wieder aufnehmen sah, lassen sich ähnliche Vorkommnisse auch aus Davos berichten. Wenn in warmen Herbsttagen die Vegetation in den Winter hinein sich verlängert, blüht *Primula elatior* unter andern Arten oft ein zweites Mal im Jahr. Ich sah sie erst im Dezember eingeschneit werden, im Frühling waren wohl die damals offenen Blüten verwelkt, erfroren, aber die Knospen derselben Dolde öffneten nun ihre Blütenkronen, ohne im mindesten gelitten zu haben.

Auf demselben Kl Schiahorn und in derselben Höhe (2680 m) wie die von mir zitierte Vorfrühlingsflora, gedeihen auf einem Schafalager seit mehr als einem Menschenalter unsere gemeine Brennessel (*Urtica dioica*) und der gute Heinrich (*Chenopodium bonus Henricus*) Pflanzen, die niemand hier suchen wurde, im Schutze desselben günstigen Localclimas — Schutz gegen Nordwinde, offene Lagen nach Süden.

Ja sogar der Wald schiebt seine Vorposten in unglaubliche Höhen. Am Hornli im Flüelatal schmiegt sich eine Lärche von 1½ m Höhe unter die Felsen des Gipfels 2440 m, am Witihornli in Sertig steht in einer Felsspalte noch eine 1½ m hohe Fichte, wohl das höchste Vorkommen der *Pinus Picea* in den Alpen!

Und bis gegen 2600 m kann man in solchen gegen Süden geöffneten Felskluften *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus nana*, *Empetrum*, am Wannengrat sogar eine *Rosa glauca*, deren Samen einst eine wandernde Drossel in ihren Dejectionen abgesetzt haben mag, und zarte Farne — *Cystopteris fragilis*, *Aspidium spinulosum*, *Polypodium vulgare* — beobachten, eine kleine Welt die wir sonst erst wieder viele hundert Meter tiefer anzutreffen gewohnt sind

Auch der Feld und Gartenbau geht bis gegen die Waldgrenze hinan. Auf der Schatzalp werden noch bei 1860 m Kartoffeln geerntet, auf der Riederalp wird bei fast 1800 m noch die Gerste reif, und auf Abfallhaufen rings um die Baracken am Schiawang bei 2130 m habe ich sogar im ungünstigen Sommer 1924 Gerste, Hafer, Roggen in hohen Halmen und in Blüte gesammelt. Und mit ihnen war eine ganze Ruderalflora mitgewandert, die sonst nur wärmere Orte bewohnt. Unser Hirtentaschen — *Capsella bursa pastoris* stand 1925 schon Mitte Mai wieder in Blüte. Freilich ist diese Flora nur unter der schützenden Hand des Menschen denkbar, zieht er sie ab, so wird in kurzer Zeit die alteinheimische alpine Bevölkerung die Eindringlinge wieder verjagt haben.

Trockenheit der Luft bei starker Insolation und Reichtum an chemisch wirksamen Sonnenstrahlen, die als Wachstumsreiz fordernd wirken mögen, dürften das Gedeihen dieser Gewächse in solcher Höhe noch ermöglichen. Der größte Feind der hochhalmigen Getreidearten, und auch der in unsere Gärten aus Canada und Sibirien eingeführten Holzpflanzen — *Populus*, *Caragana species etc.*, die bei uns trefflich gedeihen, ist der gelegentliche Sommerschnee. Unter seiner schweren Last beugen sich die einheimischen Laubholzgewächse elastisch, um nach der Catastrophe sich wieder zu erheben, als ob nichts geschehen wäre. Die Fremdlinge, deren Heimat sommerliche Schneefälle kaum kennt, brechen spröde wie Glas und bleiben für immer verstummelt, wenn auch ungebrochen in Lebenskraft.

Wir sind ins Tal zurückgekehrt und folgen dem Laufe des Landwassers durch ein heiteres Wiesengelände, das der Bauer meist in hartem Kampfe dem Nadelwald, den nur wenige Laubbaume und Sträucher, hie und da eine Birke, eine Zitterpappel, eine Traubenkirsche, Vogelbeere und Weide unterbrechen, abgerungen hat. Wenige Aecker sind der Wiese, die meist dem alpinen Typus des *Trisetum flavescens*, je nach der Unterlage verschieden ausgebildet angehört, bis unter den Wald eingestreut. Der einst viel ausgedehntere Ackerbau ist nicht aus climatischen Gründen zurückgegangen, er hat der besser rentierenden Viehzucht weichen müssen.

Nun sind wir in der engen schattigen Schlucht „der Züge“ angelangt, wo der Wald bis an den oft verschwinnenden Fluß herabsteigt, die Straße dem Fels hat abgerungen werden müssen.

Lawinenreste dauern bis in den Sommer hinein, Alpenpflanzen aus Alpenhöhe heruntergetragen schmücken alle vom rieselnden Wasser feuchten Wände — *Pinguicula alpina*, *Hieracium villosum*, *Rhodo-*

dendron hirsutum, Carex firma, Saxifraga caesia, Crepis Jacquinii etc — eine Artenassociation wie wir sie sonst erst fast 500 m höher anzu treffen gewohnt sind Ueberall dusterer Nadelwald bis zur Talsohle herab die wir unterhalb dem Dorfe Wiesen in wenig über 1000 m Meereshöhe erreichen, nur unterbrochen von den Culturterrassen von Wiesen, Schmitten, Jennisberg 300 m ob dem tief eingeschnittenen Cañon gelegen Nichts von den hellen Buchenwäldern, den wunder vollen Ahornbäumen, Eichen, Eschen, Ulmen des feuchten Prattigaus und der oceanischen Begleitflora mit ihren Waldmeistern (*Asperula odorata taurina* Epheu, *Tamus*, *Impatiens*, *Sanicula*, *Spiraea*, *Galium silvaticum*, *Festuca silvatica* und *gigantea* etc) Nur ein schmaler Streif von Grauerlen und hochwuchsigem Weiden mit ein paar mageren Stammchen des Bergahorns begleitet den tobenden Waldstrom Wie in den Zentralalpen bildet die Haselnuß Gruppen in den Wiesen und an Waldrändern unter den Dörfern, prächtige Rosengehege umsäumen sie und eine ganz andere Flora warmeliebender Pflanzen stellt sich ein und steigt hoch hinan in den „Zugen“ Haselnuß *Viburnum lantana*, *Stipa pennata*, *Lasiagrostis Calamagrostis*, *Seseli libanotis*, die prächtige *Tommasinia Coronilla*, *Emerus* und *vaginalis*, *Globularia vulgaris* ssp *Willkommii* usw erreichen manchmal 1600 m und mehr Sehen wir näher zu so ist es nicht mehr die Fichte, welche allein herrschend ist im Walde sondern die continentale Föhre welche ihr nun oft den Rang streitig macht hauptsächlich auf der Sonnenseite Wo die Föhre waldbildend, ob an der polaren Baumgrenze Lapplands, oder auf Meseten Spaniens und in den weiten Ebenen Nordostdeutschlands auftritt, sind wir über den continentalen Charakter des Klimas nicht in Zweifel Schon bei Clavadel und ob Glaris stehen die ersten Haine, aber erst in den Zugen und hinaus ins Albulatal wird sie waldbildend und steigt in Formen, die an die *P silvestris engadinensis* erinnern bis 2000 m nahe der Waldgrenze In diesen warmen Föhrenwäldern begegnen wir häufig unter andern Xerothermen einer Pflanze, deren Dasein an dieser Stelle ein Rätsel erscheint Es ist *Astragalus monspessulanus*, deren Name schon auf das Mediterraneum hinweist Nur hier und durch das Albulatal ins Hinterrheintal hinaus bis Bonaduz und Ems, ohne Chur zu erreichen, ist sie bekannt nordwärts der Alpen

Schon Christ in seinem klassischen Pflanzenleben der Schweiz zitiert die Pflanze für das wenige Kilometer abwärts im Albulatal gelegene Tiefenkaasel mit den Worten „Wenn man von dem kalten Plateau der Lenzerheide in diese kraterförmige Talsenkung hinabtaucht, so gelangt man aus der Region der Legföhre in eine Tiefe, wo uns die Glut eines Hochofens umfaßt und wo *Astragalus Monspessulanus*, *Libanotis Allium pulchellum* *Tommasinia* Zeugnis von dem Klima einer Taldepression ablegen die uns an die brunnentartig eingesenkten Oasen der hohen Plateaus von Chorosan erinnert, wo Bunge inmitten des rauhen Tafellandes die subtropischen

Culturpflanzen vorfind “ Hier aber erreicht sie bei Wiesen 1400 m am Weg nach Falein ob Filisur gar 1500 m, nirgends steigt sie nordwärts der Alpen so hoch, nur die Libanotis übertrifft sie und Tommasinia bleibt ob Barentritt bei 1350 m zurück Wie kommt die Pflanze hieher? Ihr Same besitzt keine Verbreitungsmittel irgend welcher Art Die Tommasinia, die Centaurea cirrhosa das in Davos so verbreitete Lascripitium Gaudini, deren Herkunft auch auf den Suden und Sudosten der Alpenkette weist, besitzen geflügelte Früchte und konnten die Passe eventuell mit Hülfe des Windes forciert haben Brockmann hilft sich mit der Hypothese römische Legionare und Kaufleute hatten einst die Pflanze im Heu für Pferde und Maulthiere oder im Packstroh über die Alpen geschleppt und unterwegs den Samen ausgestreut Ohne weiter auf den Gegenstand einzutreten und den Weg zu verfolgen, den die Pflanze genommen hat — nächste Standorte im Suden südliches Tessin — Comersee, — oberes Etschtal — will ich nur bemerken, daß fast immer in ihrer Begleitung sich ein Schmetterling findet die Lycaema Escheri, ein hübscher Blauling, deren Raupe auf den Astragalus angewiesen scheint, wo ich sie immer gefunden und daraus den Schmetterling erzogen habe Ueberall im Suden so im Wallis, an der Riviera in Appennin finden sich Pflanze und Schmetterling zusammen Es ist nicht leicht einzusehen daß beide zugleich einst die Alpen passiv überschritten hatten, näher liegt die Annahme, daß es einst der Pflanze unter anderen günstigen klimatischen Verhältnissen möglich war die Alpenpässe zu bezwingen — unter den heute bestehenden halte ich es für unmöglich — und daß das Tier langsamer seiner Futterpflanze folgte Schon Briquet und andere haben das Vorkommen solcher Colonien xerothermer, wärmeliebender Pflanzen inmitten einer alpinen Umgebung als Relikte einer nacheiszeitlichen, wenn nicht interglacialen wärmeren Climaperiode als der heutigen erklärt Vor allem haben aber schwedische Forscher — Blytt Sernander etc — stringente Beweise dafür vor allem durch die Pollenuntersuchungen in den schwedischen Hochmooren erbracht — und ihre Resultate sind seither auch in Danemark, Deutschland etc bestätigt worden Sie haben unter anderem nachgewiesen daß die Haselnuß, die Trapa etc einst in Schweden viel nördlicher vorhanden waren, als heutzutage Wie vorsichtig man aber sein muß in der Verallgemeinerung von örtlichen Funden zur Formulierung einer Hypothese lehrt hier ein Weg von wenigen Schritten Hier diessseits einer Bachschlucht Föhrenwald mit seinen Xerophyten, dort jenseits in Nordostlage Fichtenwald mit Rhododendron hirsutum als Unterholz bis 1000 m heruntergehend und mit ihr Dryas an Felsen dieselbe Dryas die in den glacialen Dryasthonen als palaeontologischer Beweis für glacialen Umgebung und Klima dient Astragalus und Dryas konnten hier leicht in derselben Schicht geborgen werden, und so einst Climatologen und Geologen vor ein Rätsel stellen

Die Erscheinung so verschiedener Florenelemente, denen wir bisher begegnet sind (alpiner — boreal arctischer — europaisch sibirischer — die Xerothermen als sarmatisch pontisch mediterrane bezeichnet) hat uns unwillkürlich zu der Florengeschichte unseres Gebietes, die zu gleich auch die Geschichte seiner Climawandlungen ist geführt. Als zu Ende der Tertiärzeit das Klima immer kalter und wohl auch feuchter (?) wurde, ruckten die Gletscher alles überflutend aus den Talern weit ins Vorland hinaus, und vernichteten die alte Flora, sofern sie nicht ausweichen konnte, und zumeist in Ost und West und Sud auf gletscherfreiem Boden — in den lieux de refuge — eine Zuflucht fand. *Christ* erblickt in den duftenden Primeln den leuchtenden Gentianen noch Ahnen dieser alten Flora. In Davos das der Gletscher ganz erfüllte bis zu 2300 m und darüber, zu dem Firnfelder von allen Seiten als Nährgebiete des Lises sich hernieder senkten woraus die damals viel höhern Berge, steile Felsen, wahre Nunatakker im Binneneis wie heute noch in Gronland, herausragten mag davon nicht viel übrig geblieben sein. Aber auch von Norden reichte damals der Fenno scandinavische Eisschild bis in die Mitte Deutschlands, und auf dem schmalen Tundragebiet zwischen alpiner und nordischer Vereisung begegneten sich und mischten sich die Floren, die auch vertriebene Arcto boreale mit der alten alpinen Tertiärflora. Mehrmals tobte der Kampf hin und her. Ruckzug der Gletscher, Wiedereinstromen der Flora neuer Vorstoß des Eises. Ruckzug der Floren, wohl immer mit Verlust in ihre Refugien. Endlich neue Erwärmung, die letzte — oder ist es nur eine Inter glacialzeit? — und nun nimmt die alpine Flora wieder definitiv Besitz von den Hohen, vermehrt durch Zustromen aus den Refugien in Ost und West eine Wanderung die sich auf unserm Gebiete begegnet und wohl noch nicht aufgehört hat (ostl. Arten *Dianthus glacialis*, *Crepis Jacquni*, *Valeriana supina*, *Senecio rupester*, etc.) Aber auch die rein boreal arctischen Arten folgen in großer Zahl dem weichenden alpinen Gletscher vielleicht besonders die Moränen als Einwanderungsstraße benutzend, und mengen sich mit den alpinen, und geben der heute sogenannten alpinen Flora ein von der alten tertiären gewiß abweichendes Gepräge. Die Verluste, die diese erlitten mögen teilweise ersetzt worden sein nicht aber die Schönheit. Der neue, fast ganz jungfräuliche Boden, die neuen climatischen Bedingungen gaben wohl auch den Anreiz zu neuer Artenbildung — ich erinnere nur an das Kleinarten gewimmel in den genera *Alchimilla*, *Hieracium* etc., an denen Davos auch so reich ist. So in der Höhe. In den untern Regionen ruckte indessen die ebenfalls vertriebene Flora des ausgehenden Tertiärs Europa Sibiriens deren Zufluchtsorte während der Diluvialzeit wir nur teilweise kennen und vermuten können, wieder ein mit ihr der Hauptrepräsentant, der Wald, zuerst wohl die Birke Föhre, Lärche Arve, zuletzt die Fichte. Ob die nachheizerthlichen Climaschwankungen die im Norden wohl sicher festgestellt sind, sich auch mit jenen

in den Alpen parallelisieren werden lassen ist eine andere Frage. Vielleicht helfen auch hier systematische Mooruntersuchungen weiter, für Davos kame das Hochmoor im Laret in Betracht. Die Konfiguration Skandinaviens und der Alpen, ihre Lage zum Ozean etc. sind so verschieden, daß eine Klimaänderung an einem Orte nicht absolut eine ganz gleiche und in gleichem Ausmaße und Sinne im andern bedingen muß. Aber daß auch in den Alpen seit dem Diluvium das Klima nicht gleichmäßig sich zum heutigen entwickelt hat, ist wohl ebenfalls sicher nachgewiesen. Auch in Davos dürfte das Klima einst einen noch kontinentaleren Charakter besessen haben, damals als die Föhre die Herrschaft führte und mit oder nach ihr die veröthermischen Arten einwanderten aus Süden und Südosten, um dann wieder in einer nachfolgenden kühleren, feuchteren Periode in die warmsten Talwinkel eingeeengt zu werden. Auch der Wald dürfte früher höher gegangen sein, um später wieder von seiner oberen Grenze herabgedrückt zu werden.

So als Folge und Produkt verschiedenster klimatischer Einflüsse nach Zeit und Ort erklärt sich nur die heutige reiche Entwicklung und Zusammensetzung der Flora des Davoser Landwassertales eines Gebietes das ich auf etwa 400 □ Kilometer schätze, mit etwa 1100 Arten Gefäßpflanzen, die zum allerwenigsten alteinheimisch sind sondern erst nacheiszeitlich eingewandert aus verschiedensten Gegenden wie die Kurgäste, welche heute nach Davos kommen und hier auch — wenn ich als Arzt noch ein Wort sagen soll — wie die Pflanzen das ihnen zusagende Lokalclima finden mögen

Baumgrenze und Klimacharakter in den Tropen

Von Prof. *Stomps* Amsterdam

Ich muß gestehen, über obiges Thema kaum nachgedacht zu haben, als ich im Jahre 1923 eine größere Reise nach Ceylon und Hollandisch Indien antrat. Es ist allgemein bekannt, daß die Baumgrenze, also die Linie, wo der Baumwuchs aufhört und die Region der alpinen Straucher und Wiesen anfangt, bereits in der Schweiz sehr verschieden hoch liegt, je nach dem Ort, wo man sich befindet. In der Nordschweiz liegt sie bei etwa 1650—1700 m, im Süden bei etwa 2000 m, im Engadin sogar bei 2250 m. Alles spricht dafür, daß es der kontinentalere Charakter der Landschaft ist, der hier die höhere Baumgrenze bedingt. Als ich im Jahre 1913 die Rocky Mountains im stark kontinentalen Innern der Vereinigten Staaten besuchte, fand ich dort die Baumgrenze auf den Bergen Pikes Peak und Mount Garfield bei etwa 3300 m! Was die Tropen aber anbetrifft, so stelle ich mir vor, daß das Klima dort so warm sei, daß sogar auf ihren Gipfeln Bäume tragen können. Die Baumgrenze in den Tropen sogar ungeachtet der Höhe. Ich während meiner oben genannten Reise erfahren und möchte ich jetzt kurz besprechen.

Als ich auf meiner Reise nach Ceylon gekommen war und den botanischen Garten von Peradeniya besuchte, empfahl der liebe würdige Direktor des letztern, *F. A. Stoddard* mir eine Exkursion in das südliche Gebirgsland von Ceylon, indem er hinzufügte, es wäre dort noch ein Problem zu lösen. Er meinte damit das Vorkommen, in mitten des Urwaldes, der eigentümlichen mit Gras bedeckten offenen Stellen, welche unter dem Namen *Patanas* bekannt sind. Die herrschende Meinung über diese *Patanas* ist, daß man es hier mit einer Art Savanne zu tun habe, aber sekundären Ursprunges, hervorgerufen durch wiederholtes Abbrennen der Landschaft durch die Eingeborenen und deshalb vergleichbar den Lalang Feldern Javas und den Grasebenen der Batta-Länder im Norden von Sumatra. Liest man aber nach, was zum Beispiel *J. C. Willis* in seinem Buche über Ceylon in Bezug auf die *Patanas* sagt, so fängt man bereits an zu zweifeln. „The theory, with most to be said for it“, sagt Willis, „supposes that

the patanas began as small patches and have gradually extended to their present enormous extent by the continual firing of them which is done by the graziers, for cattle will not eat the coarse mature grass which grows upon them, but will only eat the young and tender shoots that spring up after a fire“ Also waren die Patanas doch ursprünglich anwesend gewesen und nur durch den Einfluß des Menschen allmählich größer geworden? Ich benutze gerne die Gelegenheit, die Frage des nahezu zu untersuchen und machte mich sofort auf den Weg in Begleitung des singhalesischen Pflanzensammlers des botanischen Gartens Peradeniya *Miguel de Silva* und mit drei Kulis, die in zuvorkommendster Weise zu meiner Verfügung gestellt wurden

Das Gebirgsmassiv im Zentrum von Ceylon läuft man sich auf gebaut denken aus ungefähr Nord Süd verlaufenden parallelen Ketten welche sich im Süden wo man die höchsten Erhebungen der Insel findet (im Westen Adams Peak 2241 m dann Knigulpota 2387 m Tolupolla 2351 m schließlich im Osten Pidurutalagalla 2538 m) miteinander vereinigen. Stetig fällt hier das Gebirge gegen die Tiefebene Süd Ceylons ab. Die Flüsse verlaufen durchweg nach Norden in den Tälern zwischen den parallelen Gebirgsketten. Meine Reiseroute ist nun folgende gewesen. Zuerst im Tal der Mahaweliganga in dem Peradeniya liegt aufwärts bis Hatton dann ostwärts durch ein Tunnel bis zum Tal des Kotmale oya schließlich in diesem aufwärts bis Pattipola (1903 m) wo man in unmittelbarer Nähe des Tolupolla ist und die Bahn wieder in ein Tunnel tritt, das im Südabhang des Gebirges mündet. Von Pattipola aus machte ich dann eine prächtige Exkursion durch die sogenannten Hortonplains, welche man sich am Südrand des Gebirges zwischen Tolupolla und Knigulpota denken muß. Meinen Rückweg von Pattipola nach Peradeniya nahm ich über Hakgalla wo sich eine Dependence des botanischen Gartens Peradeniya findet und von wo aus ich den Hakgallapeak einstieg und über Nuwara am Fuße des Pidurutalagalla des höchsten Gipfels auf Ceylon den ich zum Schluß auch noch einstieg.

Bereits bevor ich Pattipola erreichte konnte ich mit den Patanas Bekanntschaft machen. Unterhalb 1500 m findet man gegenwärtig im Gebirge von Ceylon eigentlich nur Teeplantagen in denen ich anfanglich häufig den Gummibaum als Schattenpflanze beobachtete später als wir höher gekommen waren Grevillea robusta Arten von Eucalyptus usw. Nur hier und dort entdeckt das Auge ein Fleckchen mit wildwachsenden Pflanzen. Überreste des früheren Urwaldes. Oberhalb 1500 m aber wo seit 1875 auf Veranlassung von Sir *Joseph Hooker* sogar kein Wald mehr gerodet werden darf ist der größte Teil der Landschaft intakt geblieben und erblickt man von der Bahnlinie aus überall Wald und mit diesem abwechselnd Patanas. Besonders die „Horton plains“ sind eine herrliche Gegend wo man bis auf das hier in einer Höhe von etwa 2200 m erbaute Rasthaus vom Einfluß des Menschen nichts spürt. Elephanten noch vorkommen sollen

und Leopard Wildschwein und Hirsche jedenfalls durch ihre Spuren ihre Anwesenheit verraten

Der Weg von Pattipola nach dem Rasthaus inmitten der Horton plains führt bald durch den Wald, bald über Patanas und es war mir unmöglich den Eindruck zu bekommen, daß der Mensch an dem Auftreten dieser letztern Schuld sei. Manchmal waren sie groß und konnten dann eventuell als Weideplätze dienen, manchmal aber auch klein oder gar sehr klein und rings von Wald umgeben. Die Grenze gegen den Wald war immer merkwürdig scharf und ein Schritt genugte, so zu sagen um von der einen Pflanzengesellschaft in die andere hinüberzutreten. Nirgends fand ich in den Patanas Reste eines frühern Waldes, nirgends am Waldrande Andeutungen früherer Feuersbrünste etc. Dabei stellte es sich heraus, daß die Pflanzen des Waldes bis auf einige Wegrandkräuter total andere sind als diejenigen der Patanas, wie aus dem folgenden des nähern hervorgehen möge.

Was zunächst den Wald anbetrifft, so mochte ich vor allem die Bemerkung machen, daß er durchaus keinen üppigen Eindruck machte, sondern mich eher an das Krummholz unserer Alpen erinnerte. Knorrig stehen die Stämme da, knorrig sind die lange Bärte von Usnea tragenden Aeste pinienartig bieten sich die Kronen dar. Einen wichtigen Charakterzug bilden die vielen Laubbäume. Auffallende Baumgestalten sind *Michelia nilagirica* (weißblühende Magnolienart) und *Culophyllum Walkei* der Kinatree der Eingebornen. Weiter erwähne ich *Eurya japonica* die äußerst wichtige zur Rosaceen gehörige Art *Photinia Noliana*, *Symplocos furcata* usw. Den Unterwuchs bildeten bald kleine Bambusarten bald Arten von *Strobilanthes* die das Lieblingsfutter der Elephanten ausmachen und die durch berühmt sind daß nach einer langen je nach der Art verschiedenen Periode von 6—16 Jahren sämtliche Pflanzen einer Gegend zu gleicher Zeit zum Blühen kommen. Lärchen sah ich nur wenige und eigentlich erinnere ich mich nur an eine kletternde Pflanze mit *Piper zeylanicum*. Epiphyten dagegen waren noch ziemlich häufig, darunter Moose, Farnkräuter, das prächtige *Lycopodium squarrosum* und verschiedene Orchideen. In feuchten Schluchten erhoben sich die schlanken Stämme eines Baumfarne. Sonstige Pflanzen des Waldes meistens direkt am Waldwege beobachtet waren das zarte Gras *Isachne Kunthiana*, das *Polygonum chinense*, der Hahnenfuß *Ranunculus Willichianus*, das rosablühende *Impatiens leptopoda*, 3 oder 4 Arten von Melastomaceen, *Plantago major asiatica*, das strohgelbe *Anaphalis oblonga*, „the Ceylon Daisy“ *Myrsine Wightii* u. a.

Demgegenüber weist meine Liste in bezug auf die Patanas etwa folgende Pflanzen auf das Farnkraut *Gleichenia linearis* wieder ein *Lycopodium obscurum*, das Gras *Andropogon zeylanicus* *Carex Wilkei*, *Ranunculus sagittifolius* *Hypochaeris mysorensis*, *Hebe zeylanica*, *Rubus lasiocarpus* *Rhododendron arboreum*, das zu den Vaccinien gehörige *Grultheria fragrantissima*, den Fenzian

Evacum zeylanicum, die *Baldianart Valeriana Moonei* usw. Mußte ich die Landschaft ganz kurz charakterisieren, so würde ich sagen eine Grasflur, trockener an den Abhängen, feuchter in den Niederungen, in der besonders das baumformige, mit großen, karminroten Blütenständen versehene in zerstreuten Exemplaren vorkommende *Rhod. arboreum* auffällt und sonst die strauchförmigen *Hypericum mysorense* und *Gaultheria fragrantissima* wichtige Erscheinungen sind.

Und von dieser merkwürdigen Landschaft sollte man sich nun vorstellen, daß sie durch Feuersbrände entstanden sei? Ich bin zu einer andern Ansicht gelangt und möchte die These verteidigen, daß man es hier mit tropischen Matten und tropischen Alpenpflanzen und somit mit einer exzeptionell tief gelegenen Baumgrenze zu tun hat.

Dem Problem der wahren Natur der Patanas können wir auf verschiedenen Wegen näher treten. Erstens konnten wir von einem rein pflanzengeographischen Standpunkte ausgehen, zweitens mehr floristische Betrachtungen anstellen. Fangen wir mit letztem an!

Da verdient wohl zu allererst das *Rhododendron arboreum* der Patanas unsere Aufmerksamkeit. Es erinnert uns sofort an die alpine Region in unsern Alpen. In den Strauchgürtel mit den Alpenrosen, den man zu durchschreiten hat, bevor man die eigentlichen Alpen, wo den erreicht. Tatsächlich soll dasselbe *Rhododendron* im Himalaya oberhalb der Baumgrenze vorkommen. Spricht dies schon für die alpine Natur der Patanas, so bin ich doch erst durch meinen Besuch des Gipfels des Pingerangos (3022 m) auf Java von derselben definitiv überzeugt worden.

Wie allgemein bekannt ist, hat *Jungkuhn* auf Java 4 Höhenregionen unterschieden, nämlich erstens einen warmen Gürtel mit tropischem Klima bis 2000 Fuß, dann zweitens einen milden Gürtel mit einer mittleren Temperatur von 15—20° die nie unter 0° sinkt, von 2000—4500 Fuß, sodann drittens einen kühlen Gürtel von 4500 bis 7500 Fuß, gekennzeichnet durch Arten von *Podocarpus* (einer Koniferengattung), *Lauraceen* und *Fischen* und mit einem Unterwuchs von *Strobilanthes*, *Melastomaceen* usw., zahlreichen epiphytischen *Orchideen*, *Farnen*, *Moosen*, *Usneen*, wenigen *Farnen* und einer Temperatur, die zuweilen unter 0° sinkt, schließlich viertens einen kalten Gürtel von 7500—10,000 Fuß, wo die Temperatur oft unter 0° fällt. Die dritte Region möchte ich unbedingt als subalpine Region betrachten, ihre obere Grenze, die eine mittlere Temperatur von 10° hat, wie die Baumgrenze in der Schweiz, als Baumgrenze. Beobachtet man doch bereits am Südrand unserer Alpen, daß die subalpine Region nicht nur von Koniferen gebildet, die Baumgrenze nicht nur von Koniferen erreicht wird! *Jungkuhn* selbst spricht darüber, daß seine vierte Region eine Untereinteilung in zwei Regionen zulassen würde, aber er unterläßt sie einmal, weil die fünfte Region schließlich nur auf einigen der höchsten Bergspitzen Javas vorkommen würde, und so

dann, weil die vierte und fünfte Region manchmal in ähnlicher Weise miteinander abwechseln wie wir das oben für Wild und Patanas auf Ceylon gesehen haben. Demgegenüber wurde ich es von pflanzengeographischem Standpunkte aus für richtiger halten, die beiden Regionen getrennt und die erstere als alpinen Strauchgürtel die zweite als alpine Grasflur zu betrachten. Elemente des Strauchgürtels, die ich auf dem Pangerango beobachtete, waren dann z. B. *Myrica javanica* (Gegenstück zu unserer Alpenrle), *Eurya japonica*, *Photinia Notoniana*, *Rubus lineatus*, *Rhododendron retusum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Symplocos sessiliflora*, mit *Clematis leschenaultiana* als Schlingpflanze — ich weise darauf hin, daß im Strauchgürtel der Alpen als einzige Schlingpflanze *Clematis alpina* vorkommt — und weiter einigen Epiphyten und Bodenpflanzen. Alpenblumen waren daneben etwa — die Grenze ist schwer zu ziehen — das Farnkraut *Gleichenia dichotoma*, *Lycopodium clavatum*, die Gräser *Isachne pangerangensis* und *Agrostis Reinwardti*, die Cyperaceen *Carex hypsophila* und *Gahnia javanica*, die Orchideen *Platanthera Blumei* und *Thelymitra javanica*, welche letztere zu einer typisch australischen Gattung gehört. *Polygonum chinense*, *Ranunculus javanicus* und *diffusus*, *Hypericum Leschenaultianum*, *Gaultheria fragrantissima* und zwei weitere Arten *Pinnula imperialis*, die Enzianarten *Sweetia javanica* und *Gentiana quadriflora*, *Plantago major*, *Passiflora*, *Vilebina*, *Hartwegi*, *Myrsine nepalensis* und das javanische Edelweiß (*Anaphalis javanica*) um einige durch die seitherzeit angestellten Kulturversuche *Teysmanns* eingeschleppte europäische Pflanzen unerwähnt zu lassen.

Man hat natürlich bereits gespürt, wie groß die Übereinstimmung ist zwischen den hier gegebenen Listen und den oben für die Horton plains aufgestellten. Besonders interessant war mir das Vorkommen von *Polygonum chinense* und *Gaultheria fragrantissima* einerseits auf den Patanas, andererseits auf den höchsten Berggipfeln Javas, die Übereinstimmung zwischen dem *Hypericum myrsinense* der Patanas und dem *H. Leschenaultianum* des Pangerangos zwischen der Ceylon Daisy und der auf dem Pangerango gefundenen *Myrsine nepalensis*, schließlich das Vorkommen von *Eurya japonica*, *Photinia Notoniana*, *Symplocos* etc. sowohl im Walde der Horton plains wie im Strauchgürtel der javanischen Berge um von den *Rhododendren* nicht mehr zu reden. Der Schluß auf meiner Meinung nach sein, daß wir es auf Ceylon mit dem Übergangsgebiet zwischen der dritten und vierten Region *Jungfuhn's* zu tun hatten — die vielen Lauraceen des beschriebenen Waldes deuten darauf hin — und sodann mit alpinem Strauch und alpinen Matten. Dies heißt mit andern Worten, daß ich auf Ceylon eine Baumgrenze fand, die niedrig genannt werden kann, nicht nur im Vergleich zu dem, was man auf Java sieht, sondern sogar im Vergleich zu europäischen Verhältnissen.

Es stellt sich die Frage, ob man diese ganzlich unerwartete Tatsache nun auch einigermaßen verstehen lernen kann. Ich glaube das ist in der Tat der Fall. Ziehen wir das äußerst weitvolle Buch von

II *Brockmann Jerosch* über Baumgrenze und Klimacharakter zu Rate, so finden wir ausführlich dargetan, daß drei Sachen miteinander Hand in Hand gehen, nämlich Baumgrenze, Klimacharakter und Massenerhebung. Daß Baumgrenze und Klimacharakter miteinander im Zusammenhang stehen, haben wir oben bereits gesehen. In dieser Beziehung kann ich noch darauf hinweisen, daß die polare Baumgrenze in der Nähe von Ozeanen, so in England auffallend aquatorwärts liegt. Größere Massenerhebungen aber bedingen einen kontinentaleren Klimacharakter und dadurch wieder eine Forderung der Ausdehnung des Baumwuchses, geringere Massenerhebungen umgekehrt niedrig gelegene alpine Baumgrenzen. Die Insel Ceylon nun stellt gewiß nur eine geringe Massenerhebung dar und liegt überdies mitten in einem großen Ozean. Folglich können wir auf ihr eine exceptionell tief gelegene Baumgrenze erwarten! Diese Baumgrenze wird von Laubbäumen gebildet werden können, denn dies ist eine weitere Einführung der Pflanzengeographie, daß in Gebieten mit ozeanischem Klima die Baumgrenze eben von Laubbäumen gebildet zu werden pflegt. Das stimmt zu unseren Beobachtungen auf Ceylon, wo im Gegensatz zu dem was wir auf dem Pangerango sehen die dritte Region *Jungfuhn's* keine Koniferen aufzuweisen hat. Soviel ist jedenfalls sicher, daß in den Tropen Klima und Massenerhebung einen gewaltigen Einfluß auf die Lage der Baumgrenze haben. Bereits auf Java liegt sie beträchtlich tiefer als in vielen andern tropischen Gebirgen, wohl im Zusammenhang mit der isolierten Lage der Vulkane. Und die große Bedeutung des Klimacharakters geht / B auch daraus hervor, daß die Fichten die auf Java zwischen 3500 Fuß und 5000 Fuß vorkommen, in der Westküste Sumatras mit ihrem sehr stark ausgeprägten Seeklima bis 500 Fuß herabgehen, während am Himalaja in Siklim die Fichtenregion erst beginnt, wo sie auf Java aufhört.

Schließlich sind noch einige Worte zu sagen über die eigentümliche Abwechslung von Wald und Grasland auf Ceylon sowie auf den Vulkanen Javas. In dieser Beziehung erinnere ich an die Tatsache, daß in Gebieten mit einem stark ausgeprägten ozeanischen Klima öfters beobachtet wird, daß vereinzelte Arten die Grenzen der ihnen am besten passenden Höhenstufen aus dem Auge verlieren und ungewöhnlich weit herabsteigen. Man denke an das Vorkommen der *Alpenrosen* am Lago Maggiore, von *Dryas octopetala* und *Salix herbacea* auf Meereshöhe in Island. Warum, so möchte ich fragen, wurde dies auch nicht für ganze Pflanzengesellschaften gelten können? Dazu steht unser Fall durchaus nicht allein! Aus der Literatur kennt man bereits mehrere Beispiele davon, daß in einem Gebirge mit ozeanischem Klima nicht nur vereinzelte Arten, sondern sogar ganze Pflanzengesellschaften in ungewöhnlich geringer Höhe beobachtet wurden. Ich weise wieder auf *Brockmann Jerosch* oben bereits erwähntes Buch über Baumgrenze und Klimacharakter hin, in dem S. 207—209 das unerwartete Fehlen von natürlichen Buchenbeständen bei Chur diskutiert wird. Föhrische Gründe dafür sind keine

vorhanden, aus dem Klima konnte es nicht erklärt werden. Da bei Chur die Buchen unter der Obhut des Menschen gut gedeihen, so meint *Brockmann Jerosch* es müsse die Konkurrenz der Pflanzen untereinander sein „die bald die einen, bald die andern aufkommen laßt, wobei jede im Vorherrschen so unduldsam wird, wie die andere“. Weitere Beispiele konnten leicht angeführt werden. Ich mochte somit den Schluß ziehen, daß es das besonders stark ausgeprägte Seeklima ist, das auf Ceylon und nach *Jungbuhn* auch auf den Vulkanen Javas die sonderbare Erscheinung bedingt, daß der Baumwuchs nicht in einer bestimmten Höhe definitiv aufhört sondern Wald und Grasflur miteinander in Abwechslung stehen. Man konnte hier schließlich auch an die Tatsache denken, daß an der Baumgrenze in den Tropen das ganze Jahr hindurch dieselben Verhältnisse herrschen was ohne Zweifel die Konkurrenz zwischen den Arten und Pflanzengesellschaften beeinflussen wird!

Das Klima der alpinen Höhlen und deren Pflanzenwelt

Von Dr. Friedrich Morton Hallstatt

Das Klima der Höhlen und ihre Pflanzenwelt sind erst seit Jahren der Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Nichtsdesto weniger sind wir, gestützt auf die Erforschung vieler Hunderter europäischer Höhlen, bereits zu schonen Ergebnissen gelangt, über die zu berichten ich die Ehre habe.

Eine große Rolle im Klima der Höhlen spielt das *Licht*. Einmal deshalb, weil es gegen das Höhleninnere hin sehr rasch Abschwächungen erfährt, wie sie im Freien nie vorkommen, und zweitens, weil die Höhlen wenigstens die ursprünglichen, zum großen Teile nur *assimilierende* Pflanzen beherbergen, deren Sein oder Nichtsein von der Anwesenheit und Intensität des vorhandenen Lichtes abhängt.

In dem Photometer *Eder Hecht* besitzen wir heute ein ebenso gutes wie handliches Instrument zur Messung der Lichtintensität. Es ist das große Verdienst Professor *Dorn's* durch unermüdliche Arbeit dieses Instrument der klimatologischen und Höhlenforschung dienstbar gemacht zu haben, so daß wir heute über das Lichtbedürfnis der höhlenbewohnenden Pflanzen recht gut unterrichtet sind.

Von erstaunlicher Bedürfnislosigkeit sind die *Gruen* und *Blau algen*. Sie wurden noch an Stellen gefunden, denen nur mehr der $\frac{1}{100}$ Teil des Tageslichtes zukommt. Dabei zeigen sie keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den an günstigen Orten wohnenden.

Das Lichtbedürfnis der *Moose* ist ein höheres. Immerhin gibt es aber eine Reihe von Arten, die als typische Höhlenmoose anzusprechen sind und noch bei $\frac{1}{1000}$ gefunden wurden. Sie sind auch stark verändert und deuten durch langgestreckte Stammchen und dünne Blattchen den Lichtmangel an. Auch sind sie immer steril.

Noch größeres Lichtbedürfnis zeigen die *Farne*. Aber auch unter ihnen gibt es Licht hungerkünstler. Obenan steht der schwarz stielige Streifenfarne (*Asplenium trichomanes*). Er wurde bei $\frac{1}{1380}$ des Tageslichtes gefunden, bleibt aber dann auf einem jahrelang lebenden sterilen Jugendzustande stehen. Auch die *Hirschzunge* (*Scolopendrium vulgare*) wurde bei geringen Lichtintensitäten gefunden. Die Wedel der Höhlenform sind bedeutend kleiner, äußerst zart und durchscheinend. Auch hier gibt es stationäre Jugend

formen, die der normalen Form ganz unähnlich sind. Im anatomischen Bilde spiegelt sich der Unterschied ebenfalls wieder. Das Parenchym der Hohlenform ist schwächer entwickelt, die Interzellularräume sind größer.

Am größten ist das Lichtbedürfnis der *Blütenpflanzen*. Sie dringen im allgemeinen nur bis an jene Stellen vor, wo die Lichtintensität nicht unter $\frac{1}{100}$ des gesamten Tageslichtes sinkt. So sehen wir, daß zwischen Lichtbedürfnis und Entwicklungshöhe eine direkte Abhängigkeit besteht.

In jenen Fällen, wo Pflanzen eine besondere Anpassungsfähigkeit an geringe Lichtintensitäten zeigen, können wir die als *Etiolierung* oder *Vergeilung* bezeichnete Erscheinung beobachten, die jeder Hausfrau von ihren eingelegten Kartoffeln oder Zwiebeln her bekannt ist und sich in überlangten Stengeln und winzigen, chlorophyllfreien Blättchen äußert. Wider erstes Erwarten ist ausgesprochene Vergeilung in Höhlen recht selten. Die vergeilten Pflanzen sind dem Lebenskampfe, der Konkurrenz nicht gewachsen und gehen zugrunde. Doch wurden einige typische Fälle bekannt. In einer Ostalpenhöhle wurde (bei $\frac{1}{1500}$ des Tageslichtes) eine Keimpflanze des stinkenden Storchschnabels (*Geranium Robertianum*) gefunden, die mit ihrem 22 cm langen Stiele und den kaum linsengroßen Keimblättchen nicht so leicht zu bestimmen war, in einer zweiten Ostalpenhöhle lebte die Alpenkresse (*Arabis alpina*) mit gelben kaum angedeuteten Blättchen und in einer dalmatinischen Höhle wurde (bei $\frac{1}{1700}$ des Tageslichtes) eine ausgesprochen vergeilte Form des Venusfrauenhaares (*Adiantum capillus Veneris*) beobachtet.

Das Lichtklima der Höhlen läßt auch die Erscheinung der *Lichtwendigkeit* sehr schön beobachten. Die Assimilationsorgane stellen sich mit ihren Flächen senkrecht zur Richtung des stärksten einfallenden Lichtes ein und da dieses besonders in wagrecht verlaufenden Höhlengängen mit niedrigem Eingange nahezu wagrecht einfällt, finden wir sehr oft die Blätter von Höhlenpflanzen mit ihren Flächen senkrecht dem Boden aufgesetzt. Besonders schon konnte dies an den Wedeln des Blasenfarne (*Cystopteris fragilis*) und an den runden Blättchen des zweiblütigen Veilchens (*Viola biflora*) beobachtet werden.

Eine sehr große Rolle im Höhlenklima spielen *Wärme und Feuchtigkeit*. Feuchte Höhlen beherbergen viel mehr Pflanzen als trockene, die sogar pflanzenleer sein können. Ein ausgezeichnetes Beispiel für den Einfluß der Temperatur bietet der Paradana-Trichter im Trnovaner Walde. Auf seinem Grunde liegt Eis. Die Temperatur nimmt gegen dieses hin sprunghaft ab und die Pflanzenwelt spiegelt diese Verhältnisse getreulich wieder. An der oberen Trichterwand siedelt Fichtenwald. Dieser wird von Alpenrosen und anderen Alpenpflanzen abgelöst. Bei 80 m Tiefe gibt es nur mehr verkümmerte Alpenrosen, Zwergweiden und Moose und bei 90 m (knapp über dem Eise) nur Höhlenformen von Moosen.

Ein anderes ausgezeichnetes Beispiel für den Einfluß von Wärme und Feuchtigkeit bieten mehrere kleine Höhlen im Tessin und in Südtirol. Sie sind im Sommer staubtrocken und sehr heiß im Winter aber zeigen sie nahezu dampfgesättigte Luft und eine Temperatur, die meist nicht unter $+10^{\circ}\text{C}$ sinkt. Diese Verhältnisse macht sich ein atlantischer Farn (*Gymnogramme leptophylla*) zu Nutze. Den Sommer überdauert er in Form von widerstandsfähigen Brutknöllchen, im Winter überzieht er den Höhlenboden mit frischem Grün. Im freien wurde er hier, an der Grenze seines Vorkommens zu Grunde gehen.

Doch noch andere Eigentümlichkeiten umfaßt das Höhlenklima! Die winterliche Schneedecke fehlt, die Stürme brausen zumeist wirkungslos an den Höhlen vorüber, die Temperaturen von Luft und Boden halten sich innerhalb kleinerer Grenzen. Viele Höhlen, besonders solche, die tief in den Berg hineinziehen, sind im Winter frostfrei.

Dies alles führt zu höchst bemerkenswerten Erscheinungen. Vor allem zur Verlangernng des Lebens einzelner Organe oder Entwicklungszustände und zu einer bedeutenden Verlangernng der Vegetationsdauer. Die Prothallien von Höhlenfarren können jahrelang am Leben bleiben und ebenso die sterilen Jugendformen von Moosen und Farnen.

Recht interessant sind auch die Verhältnisse beim Moschusblümchen (*Adora moschatellina*). Während für gewöhnlich die Blätter dieser Laubwaldpflanze schon im Mai und Juni verwelken, wurden sie in einer ostalpinen Höhle noch im November frisch grün vorgefunden und die unterirdischen Erneuerungsknospen waren vom Juli bis November beträchtlich gewachsen. Diese Verlangernng der Vegetationsperiode wird durch die Frost- und Schneefreiheit der Höhle ermöglicht. Außerdem fällt das Laubdach der Waldbäume hinweg.

So kommt es, daß viele Höhlen mitten im Winter durch frisches Grün und munteres Blühen überraschen. Daß in ihnen oft eine Treibhausatmosphäre herrscht, während draußen bei großer Kälte der Sturm tobt. In einer ostalpinen Höhle wurde am 12. Februar 1882 bei einer Außentemperatur von $-8,75^{\circ}\text{R}$ die Hirschzunge frisch grün vorgefunden, und in einer zweiten Höhle blühte im Dezember 1921 der stinkende Storchschnabel (*Geranium Robertianum*). Grunte die Goldnessel (*Primula lutea*) und wucherten Moose und Farnprothallien, während draußen bei $-4,5^{\circ}\text{C}$ eine 50 cm hohe Schneedecke lag.

Wir sind daher berechtigt, von einem eigenen Höhlenklima zu sprechen, das durch Lichtarmut und hohe Luftfeuchtigkeit kühleren Sommer — und mildere Wintertemperaturen durch Mangel einer Schneedecke und größerer Luftbewegungen ausgezeichnet ist und einen entscheidenden Einfluß auf die Pflanzenwelt solcher Höhlen ausübt.

Klima und tierische Pigmentierung

Von V. Haecker Professor der Zoologie in Halle a. S.

Die Frage nach dem Zusammenhang von Klima und tierischer Pigmentierung ist schon von einer ganzen Anzahl von Forschern experimentell und biologisch tiergeographisch in Angriff genommen worden. Die Fragestellungen waren nicht immer die nämlichen, auch die Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick nicht einheitlicher Art zu sein. Und wir müssen uns daher zunächst eine gedrängte Übersicht über die einzelnen Untersuchungsgebiete verschaffen, ehe wir versuchen können, zu einigen allgemeinen Sätzen und Problemstellungen zu gelangen.¹⁾

Ehe wir aber mit der Besprechung der einzelnen Ergebnisse beginnen, ist es wohl zweckmäßig dem Ganzen ein paar kurze Bemerkungen über die Entstehung der wichtigsten Gruppe von tierischen Pigmenten der *Melanine* voranzuschicken. Die Melanine entstehen durch Zusammenwirken eines oxydationsbefördernden Fermentes einer Oxydase und einer Melanin Vorstufe eines sogenannten Chromogens (Tyrosin, Dioxyphenylalanin oder kurzer Dopa). Sie können entweder in ganzen Geweben von bestimmter Funktion als Eigenprodukte sämtlicher Zellen auftreten wie zum Beispiel in der Oberhaut bzw. ihrer untersten Schicht oder im Iris und Pigmentepithel des Auges oder auch im Peritoneum mancher Wirbeltiere oder andererseits in besonders beweglichen mit amöboiden Fortsätzen versehenen Pigmentzellen (Chromatophoren, Melanophoren), wie sie in mannigfaltiger Gestalt bei Fischen und bei Amphibien zum Beispiel im Korium der Larve des mexikanischen Molches (Axolotl, *Amblystoma*) auftreten. Auch kann man beobachten, daß sich einzelne Zellen eines geschlossenen Epithels in amöboide Pigmentzellen umwandeln wie man dies sehr schon an ganz jungen Axolotllarven feststellen kann, indem man am lebenden Tiere einzelne durch besondere Lageungsverhältnisse gekennzeichnete Zellen Tag für Tag verfolgt (*Schnackenberg*). In ähnliche Weise dürften die großen Pigmentzellen im Stratum Malpighii der Federkeime der Vögel und die Zellen des Pigmentepithels der Retina entstehen.

Regelmäßige Zeichnungsformen wie die Queerstreifung der Axolotllarven, die regelmäßige Querbänderung vieler Vogelfedern und Schmetter-

¹⁾ Neuere Zusammenfassungen des ganzen Fragegebietes sind mir nicht bekannt. Auch R. Hesse (Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena 1924, S. 402) hat den Gegenstand nur kurz behandelt. Die unten zu besprechenden Beobachtungen von mir und Gornitz sind leider nicht ganz richtig zitiert.

lingsflügel entstehen dadurch daß die betreffenden Organe die Epidermis der Federkeime die Flügelanlage eine *rhythmische Wachstumsordnung* aufweisen und daß in den Zonen mit besonders intensiven Stoffwechsel und Zellteilungs Vorgängen am meisten Pigment abgeschieden wird oder daß eine besonders ausgiebige Entstehung und Selbstvermehrung von Pigmentzellen erfolgt wie dies speziell für die Acolitilave nachgewiesen werden kann (*Pernitzsch Schnalbecl*))

Wir wenden uns nun zu den einzelnen Untersuchungen über den Einfluß der klimatischen Faktoren auf Pigmentierung und Zeichnung unter denen chronologisch an erster Stelle eine Reihe von Schmetterlingsversuchen steht. Abgesehen von früheren Versuchen von *Doerflinger* hat zuerst *Weismann*¹⁾ bei Schmetterlingen die Frage geprüft, in wie weit äußere Einflüsse bei der *Artbildung* eine direkt umgestaltende Wirkung ausüben. Er hat zunächst den sog. Saison Dimorphismus der *Weiße* (*Pieris napi*) und des *Landkärtchens* (*Vinassa* oder *Araschnia levana proxima*) untersucht. Die Frühjahrs generation oder Winterform des Landkärtchens (*V. levana*) ist auf der Oberseite der Flügel gelb und schwarz gezeichnet, die Sommerform (*V. proxima*) hat schwarze Flügel über die eine breite weiße Binde hinzieht. Es gelang durch Behandlung der Puppen der Sommerform mit niedriger Temperatur statt der Sommerform eine Mittelform zwischen der Winter- und Sommerform (*V. proxima*), in einigen wenigen Fällen auch eine nahezu vollständige Winterform zum Ausschlüpfen zu bringen. Im Keimplasma der Sommerform müssen also *virtuell zwei Entwicklungspotenzen zwei Reaktionsmöglichkeiten* vorhanden sein. Wichtiger sind die Versuche mit dem *Feuerfalter* (*Polyommatus* oder *Chrysophanus phlaeas*). In Deutschland ist diese Art rotgolden mit schmalem schwarzem Außenrand, in SüdEuropa ist das Rotgold fast ganz vom Schwarz verdrängt (*var. eleus*). Werden deutsche Puppen einer höheren Temperatur ausgesetzt (+ 38° C), so sind die Flügel dunkler als bei der deutschen Form. Es findet also eine Annäherung an die *eleus* Form statt. Werden umgekehrt aus Eiern der bei Neapel fliegenden *eleus* Form in Deutschland Raupen gezogen und nach der Verpuppung einer niedrigen Temperatur (+ 10° C) ausgesetzt, so entstehen Falter welche weniger schwarz als die Neapler Form sind.

Zu ähnlichen Ergebnissen ist *Merrifield* in England ebenfalls bei *Polyommatus phlaeas* und *Standfuß*²⁾ beim Schwalbenschwanz (*Papilio Machaon*) gelangt. Der Schwalbenschwanz der in seiner zweiten, im Juli sich entwickelnden Generation in Zürich von einer Durchschnittstemperatur von 18.4° C getroffen wird kann durch konstante Wirkung von 37—38° C auf die Züricher Puppen in eine

1) Vgl. *V. Haecker* Entwicklungsgeschichte. Eigenschaftsanalyse (Phaenogenetik). Jena 1918. Kap. 17—19.

2) *A. Weismann* Studien zur Deszendenztheorie I. Ueber den Saison dimorphismus der Schmetterlinge. Lpz. 1875 (Sonderabdruck aus den Annali di Mus. Civ. di Stor. Nat. di Genova 6. 1874).

3) *M. Standfuß* Handbuch der palaearkt. Großschmetterlinge, Jena 1896. S. 290.

Form verwandelt worden wie sie bei Jerusalem bei einer Durchschnittstemperatur von 24,5° C fliegt

Die vorderasiatische Form (var asiatica Men) ist im Durchschnitt gekennzeichnet durch eine geringere Größe durch ein dunkleres Gelb durch eine schwächere Entwicklung des blauen Anflugs in der Randbinde der Hinterflügel ferner dadurch daß diese Randbinde mehr an den Flügelrand herangerückt ist und dadurch daß der innere gelbe Vorderrandfleck nicht groß und rechteckig sondern kleiner und leiförmig ist⁵⁾

Bei diesen Experimenten zeigt sich deutlich eine Wirkung der Temperatur nicht nur auf das Maß der Pigmentierung sondern auch auf die Wachstumsordnung der Flugelanlage wie sie sich in kleinen Verschiedenheiten des Zeichnungsmusters (Form des Vorderrandflecks usw.) äußert

Ein weiterer Gesichtspunkt wurde eingeführt durch die *Verbuchsexperimente* der drei Züricher Forscher *Standfuß*, *E. Fischer* und *Schroder*⁶⁾ Bei intermittierender Wirkung von Frost (Temperaturen unter 0°) und Hitze (Temperaturen über 40°) auf die Puppen des kleinen und großen Fuchses des Tagpfauenauges und des Calbum (*Vanessa urticae*, *polychloros*, *Jo*, *calbum*) entstehen Falter, welche eine Anzahl charakteristischer Färbungs- und Zeichnungsaberrationen zeigen Es handelt sich teils um *Entwicklungshemmungen* speziell um eine *Zurückdifferenzierung hochspezialisierter Artmerkmale* vor allem werden die spezifischen Grundtöne des Ziegelrot der Fuchse und das Purpurbraun des Tagpfauenauges hauptsächlich am Hinterflügel durch ein einfaches Braun verdrängt es verschwinden die blauen Halbmonde in der Nähe der Flügelränder und das Auge des Tagpfauenauges wird ausgelöscht Andererseits handelt es sich um die *Wechselung gemeinsamer allen Arten der Gattung Vanessa zukommender virtueller Entwicklungspotenzen* wie die von *B* für die bei den Fuchsen und beim Tagpfauenauge deutlich hervortretende Verschmelzung der beiden distalen Randflecke der Vorderflügel zu einem charakteristischen Rechteck gilt Von großem Interesse ist nun, daß die *Nachkommen künstlich abgeanderter Exemplare von V. urticae* (nach neueren Untersuchungen auch von *V. Jo*) auch dann, wenn sie im Puppenstadium bei normalen Temperaturen gehalten werden, zu *T* die charakteristischen Zeichnungsformen der *Frostaberration* (*V. urticae* ichnusoides) zeigen

Ähnliche Ergebnisse wie bei *Vanessa* haben *E. Fischer* beim Bärenspinner (*Arctia caja*) und *Schroder* beim Stachelbeerspinner (*Abraxa grossulariata*) erzielt

Wie hat man sich nun zu diesem neuen Tatbestand, welcher gegenüber den Ergebnissen von *Weismann* einen wichtigen Fortschritt bedeutet, zu stellen? Es wird heute nur noch wenige Biologen

⁵⁾ Vgl. *Seitz* Großschmetterlinge (Stuttgart) 1. Abt. 1. Bd. S. 12 Tafel 6 a

⁶⁾ *M. Standfuß* Exp. zool. Studien Neue Denkschr. all. schw. Ges. f. Naturwissenschaften 1898 *E. Fischer* Allg. Ztschr. f. Entom. 6 1901 7 1902 *Chr. Schroder* ebenda 8 1903 9 1904

geben, die im Sinne der strengen *lamarckistischen* Auffassung annehmen, daß bei einer Klimaänderung in der zunächst betroffenen Generation primär eine Abänderung der Hauptpigmentierung hervorgerufen wird, und daß sich diese somatische Änderung auf die Keimzellen in irgend einer Weise projiziert, so daß infolgedessen die Nachkommen von Geburt (in unserem Fall vom Ausschlüpfen) an eine Pigmentierungsänderung gleicher Art zeigen

Näher als diese lamarckistische Deutung liegt die Vorstellung einer sog. *indirekten Parallelinduktion*. Wir nehmen dabei die *Pluripotenzhypothese* zu Hilfe, wonach das Keimplasma jeder Tier- und Pflanzenspezies eine größere, aber nicht unbegrenzte Zahl von *virtuellen Potenzen* besitzt, die durch die stoffliche Beschaffenheit des Keimplasmas, durch seine chemischen Grundeigenschaften in ähnlicher Weise bedingt und bestimmt sind, wie etwa die verschiedenen Wachstumsformen der Schneekristalle durch die Grundeigenschaften der Verbindung H₂O bestimmt werden. Den verschiedenen Potenzen des Keimplasmas entspricht eine ebenso große Zahl von *Entwicklungsmöglichkeiten* oder *Entwicklungsrichtungen* des jungen Keimes, wenn natürlich auch, wie bei den Schneekristallen, die besondern äußern Umstände eine gewisse Rolle spielen.

Nach dieser Auffassung wurde also die *Klimaänderung* nicht direkt die Haut und Hautorgane abändern, sondern zunächst eine *Veränderung des Gesamtstoffwechsels* verursachen und auf diesem Wege, also *indirekt* einerseits die noch nicht differenzierten Zellen der Flügelanlagen, andererseits die Keimzellen im gleichen Sinne beeinflussen (*indirekte Parallelinduktion*). Diese Beeinflussung wurde speziell nach der *Pluripotenzhypothese* in der Weise erfolgen, daß das Keimplasma beider Zellarten *umgestimmt* wird, und daß in ihm *schlummernde Potenzen geweckt* werden, die sich in den Flügelanlagen des affizierten Individuums selbst und ebenso während der Entwicklung der Nachkommen teils in *Hemmungsbildungen* (*Zurückdifferenzierungen*) teils in *Verschiebungen des Zeichnungsmusters* äußern⁷⁾.

Hier wurden auch die berühmt gewordenen Vererbungsversuche zu erwähnen sein, welche der amerikanische Forscher Tower mit dem Kolorado oder Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) ausgeführt hat und die ihn zu dem Ergebnis gelangen ließen, daß nach Behandlung der jungen Imagines mit Wärme Kalte Feuchtigkeit usw. die Nachkommen allerlei Färbungs- und Zeichnungsänderungen aufweisen, die sofort erblich sind und bei Kreuzung den Mendelschen Regeln folgen. Ich möchte hier auf diesen Gegenstand nicht eingehen, da in Amerika, wo eine Wiederholung der Ergebnisse versucht wurde, starke Bedenken gegen einzelne Ergebnisse Towers

⁷⁾ Zur Entwicklungsgesch. Deutung der Befunde vergl. V. Haeceler Allg. Vererbungslehre 3. Aufl. S. 155, 158. Pluripotenzers. Jena 1925 S. 52 ff., 95 ff.

erhoben wurden, und weil bei der Tauffliege (*Drosophila melanogaster*), dem klassisch gewordenen und für solche Untersuchungen scheinbar besonders geeigneten Objekte der *Morgan* schen Schule alle Versuche, in ähnlicher Weise durch Aenderung physikalischer Faktoren erbliche Mutationen hervorzurufen, an der Sprödigkeit des Objektes so gut wie ganz gescheitert sind

In neuerer Zeit hat besonders der Hamburger Arzt *Hasebroek*⁸⁾ die Frage der physiologischen Ursachen und der entwicklungs geschichtlichen Entstehung der durch klimatische Faktoren bewirkten Pigmentierungsänderungen bearbeitet und ist damit auf einer weiteren Stufe in der Behandlung des Gesamtproblems, bei der *phaenogenetischen* Analyse, gelangt

Es handelt sich hier um das in neuerer Zeit vielfach beobachtete Auftreten melanistischer Schmetterlinge in der Nahe von Großstädten⁹⁾ So hat speziell bei Hamburg eine melanistische Form einer kleinen Eule *Cymatophora* or ab *albingensis*¹⁰⁾, im Laufe der letzten 20 Jahre die helle Stammform fast vollständig verdrängt, und zwar gilt dies fast ausschließlich für den Nordosten und Osten des Stadtgebietes, also für diejenige Gegend, nach welcher durch die überwiegend herrschenden SW und W Winde Rauch, Rauchgase und allerlei Großstadtdünste getrieben werden Eine kleine Kartenskizze, welche den Vorort Barmbeck am NO Rand von Hamburg darstellt zeigt eine große Anzahl von Fabrikbetrieben außer einer Gasfabrik und zwei Elektrizitätswerken vor allem zwei Gummifabriken und eine Mullverbrennungsanstalt Hauptsächlich in der Nachbarschaft dieses Vororts wurden nun auf Espen (*Zitterpappel*, *Populus tremula*) die sich reichlich in den zwischen den Gärten und Ackerstücken befindlichen Knicks vorfinden, die melanistischen Formen in zunehmender Zahl und zwar hauptsächlich an drei Hauptfundstellen angetroffen, außerdem in der Nahe eines Zinkhüttenbetriebes eine Meile östlich von der Stadt Kreuzungen der *albingensis* Form mit der Stammform ergaben, wie es scheint, eine regelmäßige *Mendel*

⁸⁾ Zool Jahrb (Syst.) 37, 1914 (Phys.) 36 1918 Arch Dermat u Syph 130 1921 Biol Zentrbl 41 Nr 8 1921 Unters z Probl des neuzeitl Melanismus d Schmetterlinge Fermentforschung 5 1921 S 1—40 II 5 1922 S 297—333 III 7 1923 S 1—13 VIII 8 1925 S 199—226 Arch Entw Mech 52 1922 (Entw d Schmetterlingsflügels) Pflug Arch 207 1905 (Entw Mech d schw Flügelfärbung) vgl auch *Przibram* Arch Entw Mech 48 1921

⁹⁾ Die Zunahme melanistischer Formen in der Nahe von Groß- und Industriestädten wurde besonders in England bei verschiedenen Schmetterlingen beobachtet (*Doncaster* Entom Record Juli Okt 1906) so bei *Boarmia* Arten und beim Birkenspanner (*Amphidasia betularia*)

¹⁰⁾ Während anfanglich nur die melanistische Form ab *albingensis* (schwarz mit hellen Makeln auf den Vorderflügeln) auftrat kamen später andere Formen hinzu ab *albingoradiata* mit weißer Radialzeichnung ab *marginata* mit scharf begrenzter heller Außenrandbinde an den Vorderflügeln und ab *albingosubcaeca* mit Fortfall der weißen Makeln (also ganz schwarz)

sche Vererbung, es dürfte sich also nicht um Modifikationen, sondern um neuentstandene erbliche Variationen handeln. Hasebroek ist nun, wie gesagt, einen Schritt weiter gegangen, und hat z. T. auf experimentellem Wege die physiologischen und Entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhänge zu ermitteln versucht. Ich möchte hier nur erwähnen, daß nach Hasebroek die Großstadtdünste nicht mit der Nahrung, sondern auf dem Atmungswege, also durch das Rohrensystem der Tracheen, in den Körper und bis zu den Anlagen der Flügelschuppen gelangen, und daß sie hier als äußere Reize eine Umsteuerung des Stoffwechsels eine Umstimmung des Zellprotoplasmas hervorrufen, die mit einer Anreicherung von Melaninvorstufen verbunden ist¹¹⁾. Die in der Haemolymph herangeführten Oxydasen bewirken, falls Sauerstoff vorhanden ist, die Ausfällung von Melanin innerhalb der Schuppen. Sehr bemerkenswert ist auch, daß bei den Melanisten vom Cymatophora auch die Schuppenform eine abweichende ist ähnlich wie es auch bei den melanistischen Abarten anderer Schmetterlinge gefunden wurde¹²⁾. Damit wird bewiesen, daß auch der Gesamtstoffwechsel die Konstitution des Schmetterlings, abgeändert ist. Was die Erbllichkeit der neuerworbenen Konstitution anbelangt, so möchte ich nur bemerken, daß hier offenbar ähnliche Verhältnisse, wie bei den Temperaturaberrationen von Vanessa vorliegen.

Wir wenden uns nun einer anderen Tiergruppe zu¹³⁾. Wenn man die Spezies einer artenreichen Vogelgruppe oder die Lokalformen einer einzelnen weitverbreiteten Art mit Bezug auf die geographische Verbreitung der Farbentöne untersucht, so findet man in feuchten tropischen Gebieten (nordliches Sudamerika, Himalajagebiet u. a.) besonders viele tief- und warmgefarbte, schwarze, tiefbraunschwarze, schokoladefarbige Formen¹⁴⁾, am Ostrande des Atlantischen Ozeans und ebenso in Ostasien ziehen sich diese Formen ziemlich weit nach Norden herauf wie z. B. die im feuchten Klima der britischen Inseln lebende schwarze Bachstelze (*Motacilla lugubris* Temm.), welche dort unsere weiße Bachstelze (*M. alba* L.) vertritt. In Nordafrika

¹¹⁾ Vgl. bes. Probl. des Mel. II. Feimentforsch. 5 S. 326 Arch. Entw. Mech. 52 1922 S. 271 ff.

¹²⁾ So von Federley bei den Melanisten von *Saturnia pavonia* (Festschrift f. Palmén Nr. 16 Helsingfors 1905 vgl. Hasebroek Feimentforsch. 5 Tafel 15 Fig. 12) u. von meinem Schüler Dyckerhoff bei *Aglaia tau* (vergl. V. Haecker Zschr. ind. Abst. 25 1921 S. 80).

¹³⁾ Vergl. hierzu auch die Versuche welche Kammerer mit Feuer- und Alpensalamander (Arch. Entw. Mech. 25 1907 36 1913) und mit Eidechsen angestellt hat (Phys. Zbl. 20 1906) sowie die Beobachtungen von Beebe (Am. Nat. 43 1908) und Seth Smith (Aicult. Mag., N. S. 7 1907) an Käfigvögeln. Ein näheres Eingehen auf die zum Teil umstrittenen Befunde von Kammerer ist hier nicht möglich vergl. auch seine zusammenfassende Schrift Neuvererbung Stuttgart Heilbronn (W. Seifert).

¹⁴⁾ Meine ersten Untersuchungen galten den *Merula* Arten von denen der Katalog d. Brit. Mus. über 50 aufzählt.

und in den kontinentalen Gebieten Europas und Asiens finden sich bei Vögeln häufig lichtere, rostbraune, graubraune, lehm- und sandgelbe Töne. Nun haben die Untersuchungen meiner Schüler bei Tauben und Hühnern ergeben, daß die Melanine dieser Vogel in zwei Hauptformen auftreten, die sich nach der Farbe, Form und Löslichkeit der Pigmentkörper unterscheiden: es sind die dunkelbraunen, in Alkalien schwerlöslichen *Eumelanine* und die rostfarbigen oder rotlich gelben, leichtlöslichen *Phaeomelanine*¹⁵⁾. Diese beiden Reihen von Melaninen finden sich auch bei anderen Vögeln, und es läßt sich ferner nachweisen, daß die ebenerwähnten geographischen Unterschiede darauf beruhen, daß bei Abnahme der Temperatur in erster Linie die rotlichen *Phaeomelanine* in geringerem Maße die dunkeln *Eumelanine* reduziert werden, so daß im hohen Norden zuerst die *Phaeomelanine* verschwinden. Im Gegensatz dazu wird durch *Trockenheit* also besonders durch den Aufenthalt in kontinentalen Steppen und Wüstengebieten, die *Eumelaninbildung* vermindert, die *Phaeomelaninbildung* dagegen gesteigert.

Die Wirkung der Kälte¹⁶⁾ sehen Sie besonders deutlich bei der *Sumpfmeise* (*Parus palustris*). Bei der europäischen Form sind die verjungten Spitzen der Federstrahlen (Radii) mit stabchenförmigen, schwarzlichen Pigmentkörnern erfüllt, in den breiteren Basalteilen der Federstrahlen treten an ihre Stelle allmählich langliche schmutzig braune und rundliche schmutzig gelbliche *Eumelaninkörner*, in Kamtschatka dagegen sind an der Spitze nur noch die *Eumelanine* vorhanden, während die *Phaeomelanine* vollkommen verschwinden sind, so daß die Basis der Federstrahlen überhaupt kein Pigment enthält. Die Wirkung der Trockenheit ist sehr schon bei der *Haubenlerche* (*Galerida cristata*) zu sehen. In Mitteleuropa nehmen am Rücken die langlichen schwarzen *Eumelaninkörper* $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ des Federstrahls (von der Spitze an gerechnet) ein, die Zone der gelbbraunlichen *Phaeomelaninkörner* ist wenig ausgedehnt, in der Sahara enthalten die Radii überhaupt nur rostbraune rundliche *Phaeomelaninkörner*. Beim *Kolkraben* (*Corvus corax*) äußert sich das Wustenklima darin, daß die Dichtigkeit, also die Quantität der *Melaninkörner* bedeutend abnimmt.

Ganz ähnliche Pigmentierungsverhältnisse mögen die Ursache sein, wenn vom *Zaunkönig* (*Troglodytes parvulus*) in den reichen Gebieten des Himalaja (Darjeeling) eine sehr dunkle, rost-

¹⁵⁾ Spottel Zool Jahrb (Anat) 38 1914 *Iadebeck* Zschr und Abst 30 1922 *V. Haecker* Zschr und Abst 25 1921 S 180 ff ebenda 32 1923, S 70 ff *Gornitz* Journ Ornith 71 1923. Beim Bankivahuhn und bei den in der Farbe ihm nahestehenden rebhuhnfarbigen Iatiern sind gleitende Uebergänge zwischen den beiden Pigmentformen vorhanden; bei hochgezuchteten Rassen (roten Sussex roten Rhodländern) dagegen sind beide Typen scharf unterscheidbar (*Iadebeck*).

¹⁶⁾ Vergl z Folgendem *Gornitz* l c S 474 Tafel 7 IV (*Parus pal.*) S 486 Tafel 7 II (*Galerida crist.*) S 484 Tafel 7 V (*Corvus corax*).

färbige Form (var *nipalensis*), in Turkestan die blasseste, gräueste Varietät (var *pallidus*) vorkommt, oder wenn von den zahlreichen geographischen Varietäten des amerikanischen *Singsperlings* (*Melospiza cinerea melodia*) in den trockenen Wüstengebieten von S O Kalifornien, Arizona und Nevada mit einem jährlichen Regenfall von nur 6 Zoll die hellste Form (*fallax*), in den feuchten Küstengebieten von Britisch Kolumbia und Alaska mit 125 englischen Zoll Regen die dunkelste Form (*rufina*), auftritt

In sehr hohen Breiten werden, wie schon angedeutet, vielfach auch die Eumelanine zurückgebildet es tritt ein auch sonst in der tierischen Färbung zu beobachtender Antagonismus von Schwarz und Weiß zutage, der schließlich mit dem Siege des Leuzismus endet (Jagdfalke, Schneule) ¹⁷⁾

Auch bei den Säugetieren ist zunächst äußerlich betrachtet, eine ähnliche klimabedingte Farbenverteilung zu beobachten, wie zum Beispiel der Fuchs und seine nächsten Verwandten zeigen ¹⁸⁾ in Südeuropa lebt eine fahlgelbe Varietät unseres Fuchses in Mitteleuropa die schon gelbrote bis rostrote Form, im Norden der Polarfuchs mit graubraunem bis schwarzem Sommerkleid und der amerikanische Silberfuchs mit schwarzem, wegen der weißen Haarspitzen silbrig erscheinendem Fell Ähnliche regionale Differenzen wie wir sie speziell bei den in feuchten und trockenen Gebieten vorkommenden Vögeln gefunden haben, sind auch bei der amerikanischen Weißfußmaus (*Peromyscus maniculatus*) von Morgan Collins und Sumner beschrieben worden ¹⁹⁾ Leider sind wir über die Frage inwieweit auch bei den Säugern mehrere Formen von Melaninen deutlich aus einander gehalten werden können, weniger genau unterrichtet Die Form und Größe der Pigmentkörner zeigt bei den Säugern bei mikroskopischer Untersuchung nur geringe Verschiedenheiten und vor allem ist wegen der Kleinheit der Pigmentkörner eine genaue Abstufung der Farbtöne nicht möglich ²⁰⁾ Aber verschiedene Verhältnisse, so besonders die scharfe Abgrenzung der Farbmassen der Mäuse und Kaninchen und ihr streng alternierendes Verhalten bei der erblichen Übertragung, und ebenso die korrelationsgeschichtliche Sonderstellung, welche die Rothhäutigkeit des Menschen gegenüber andern Haarfarben einnimmt ²¹⁾, weisen mit Bestimmtheit darauf

¹⁷⁾ Vergl. Haecker Entw. Eigenschaftsan. S. 152 f.

¹⁸⁾ W. Schultz (Arch. Entw. Mech. 51. 1922) der neuerdings auf diese Verhältnisse hingewiesen hat (S. 375) betont auch den charakteristischen Farbenwechsel von Reh und Eichhornchen (S. 338).

¹⁹⁾ Morgan Ann. N. Y. Acad. Sci. 21. 1911. Collins J. exp. Zool. 38. 1923. Sumner Am. Natur. 57. 1923 u. a. O.

²⁰⁾ Vergl. V. Haecker Bibliogr. genet. 1. s. Gravenhagen 1925 S. 161.

²¹⁾ Außer engen korrelativen Beziehungen zur Sommersprossenbildung ist bei Rothhaarigen eine Disposition zu ganz bestimmten Formen der Tuberkulose und vielfach auch eine ausgesprochene Minderwertigkeit in Form von gewissen Defekten der Psyche und der Sinnesorgane anzutreffen (vergl. J. Bauer Die konst. Disp. zu inn. Krankheiten 3. Aufl. Berlin 1924 S. 88) und Hanhart Schweiz. med. Woch. 1924 Nr. 30.

hin, daß auch bei Säugetieren in ähnlicher Weise wie bei den Vögeln *mindestens zwei* scharfer abgegrenzte Melaninstufen vorkommen. Bemerkenswert ist, daß vor kurzem der Prahistoriker F. Paudler ²⁾ die Ansicht zu begründen sucht, daß in Europa ursprünglich *zwei langkopfige helle Rassen* vorhanden waren die pragermanische Cro Magnonrasse mit grauen Augen und gelb bis rotblondem Haar und die eigentliche nordische Rasse mit blauen Augen und asch blondem Haar. Ich möchte nur kurz erwähnen, daß diese Anschauung, falls sie sich wirklich genügend stützen läßt, mit den Befunden bei Vögeln und Säugern ohne Schwierigkeit in Einklang gebracht werden kann. Man konnte annehmen, daß die *rotblonde Cro Magnon Rasse* mit den starker hervortretenden Rotfarbstoffen *im Steppen klima südlicherer Gegenden* die *aschblonde Rasse* mit überwiegendem Gehalt an Schwärzfarbstoffen (Eumelaninen) *in höheren nördlichen Breiten* sich konsolidiert hat.

Wir sind damit vor ein neues Problem gestellt, vor die Frage auf welche Weise kann das Klima eine *rasse* und *artbildende Wirkung* ausüben? Wir sahen vorhin, wie mittelst der Annahme einer indirekten Parallelinduktion und unter Zuhilfenahme der Pluripotenzhypothese bei Schmetterlingen die Übertragung erworbener Zeichnungsmuster von den Eltern auf die Kinder erklärt werden kann. Man kann sich nun denken, daß, wenn klimatische Faktoren viele Generationen lang fortwirken, nicht bloß eine kurze dauernde Umstimmung, sondern eine endgültige (nach Lens idiokinetische) Umprägung des Keimplasmas stattfindet, daß also im Wustenklima die Tendenz zur Eumelaninbildung immer mehr unterdrückt wird und daher leichte, hellrostbraune, lehm- oder sandfarbige Rassen und Arten entstehen, während im arktischen Klima die Tendenz zur Phaeomelaninbildung und schließlich auch die zur Eumelaninbildung endgültig gehemmt wird. Es bliebe dann nur noch zu erklären wie es kommt, daß speziell bei den Steppen und Wustенbewohnern die durch das Klima bewirkte Farbe eine *Anpassungsfarbe* darstellt, also *nützlich* ist? Ist dieses Zusammentreffen einfach als Zufall zu bezeichnen oder wirken andere Momente mit? Wir können uns hier auf eine nähere Erörterung dieses naturphilosophischen Problems, ins besondere auf die Frage, inwieweit hier die Mitwirkung von Ausleseprozessen anzunehmen ist nicht einlassen und gehen noch zu einigen anderen Grenzfragen der Klimatologie und Artbildungslehre über.

Manche durch Klima bewirkte Umprägungen sind offenbar *sehr dauerhafter* Natur, so daß sie noch fortbestehen, wenn die betreffenden Formen ihr Verbreitungsgebiet ausgedehnt haben und damit neuen klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind. Auf diesen Umstand ist es wohl zurückzuführen, wenn die dunkel gefarbenen Singvögel des pazifischen Küstengebietes stellenweise auch noch in den

²⁾ Die hellblonden Rassen und ihre Sprachstämme usw. Heidelberg 1924

Cañons der Wüste als Brutvogel vorkommen²³⁾, oder wenn nach den Beobachtungen von *Sumner* eine hellgefarbte, offenbar an das Wustenleben angepaßte Varietät der Weißfußmaus hoch in das Gebirge von Nevada hinaufgeht, oder wenn, wie schon *Alexander von Humboldt* hervorgehoben hat, die Ureinwohner Amerikas eine sehr verschiedene Hautfarbe aufweisen, und zwar offenbar, wie das Neben einandervorkommen verschiedenfarbiger Stämme zeigt, unabhängig von Oertlichkeit und Klima. Nach *K. E. Ranke* findet sich speziell bei den Indianern Zentralbrasilens die ganze Skala der Hautfarben vom europäischen Weiß, d. h. von einem sehr leichten Gelbrosa, bis zu einem ganz dunkeln Braun, das man beinahe Schwarzbraun nennen kann²⁴⁾. Solche Erscheinungen finden nur dann eine Erklärung, wenn man eine verhältnismaßig große Perseveranz klimatisch bedingter Farbenrassen annimmt.

Damit hängt zusammen das Problem der *Reversibilität*. In wieweit gilt das von *Dollo* aufgestellte Gesetz von der Nichtumkehrbarkeit der phylogenetischen Entwicklung?²⁵⁾ Können im speziellen, wenn durch langdauernde Klimawirkung bestimmte Pigmentverluste entstanden sind, bei einem erneuten Klimawechsel die erreichten Entpigmentierungsgrade wieder rückgängig gemacht werden, so daß die ursprüngliche Pigmentkombination wieder hergestellt wird? Es scheint, daß die Stoffwechsel oder, wie wir auch sagen können, die Konstitutionsänderungen und die darauf beruhenden Pigmentdefekte die speziell im arktischen Klima im Verlaufe langer Zeit zustande kommen, *nicht* oder *schwer* wieder rückgängig gemacht werden können. Damit dürfte u. a. auch die Tatsache zusammenhängen, daß nach der Eiszeit viele diluviale Charakterformen sich aus Mitteleuropa nach dem Norden und nach den Hochalpen zurückzogen, ohne sich an das wärmere nachdiluviale Klima der mitteleuropäischen Hügellandschaft und Ebene anpassen zu können. Der ganze Stoffwechsel und Hand in Hand damit auch der Pigmentchemismus ist durch das arktische Klima, wie es scheint, in unwiderruflicher Weise verändert worden und so ist es auch zu erklären, daß in der Gegenwart nordische Vögel wohl nur ausnahmsweise ihr Verbreitungsgebiet nach Süden ausdehnen während z. B. östliche und südwestliche Formen immer wieder nach Mitteleuropa vorstoßen. Ähnliches gilt für kleine Krebstiere (*Diaptomus gracilis*), die nach der Eiszeit in den großen Seen Mitteleuropas zurückgeblieben und in Anpassung an das pelagische Leben vollkommen pigmentlos und durchsichtig geworden sind (bzw. die von uralten marinen Vorfahren übernommene Farblosigkeit beibehalten haben). Solche Krebstiere sind zwar in

²³⁾ *Grinnell Swarth* Un. Calif. Publ. Zool. 10 1913 S. 279

²⁴⁾ *J. Ranke* Der Mensch, Kl. Ausg. Bd. 1 Lpz. u. W. 1920 S. 151

²⁵⁾ Vgl. *V. Haecker* Ueber umkehrbare Prozesse in der organ. Welt. Schaxels Abh. zur theoreti. Biol. Heft 15 B. (Borntr.) 1922 S. 16 vgl. auch Ztschr. ind. Abst. 27 1922 S. 73

sich in kleinen Tumpeln vielleicht vorübergehend einzuburgern, sie behalten aber stets die durchsichtige farblose Beschaffenheit bei welche sie von ihren Vorfahren ererbt haben, während bei echten Tumpelbewohnern (Cyclops) eine reichliche Pigmentierung vorhanden zu sein pflegt

Wir haben im Vorausgegangenen immer von Stoffwechsel und Konstitutionsänderungen gesprochen und damit bereits das letzte hierhergehörige Tierfarbenproblem gestreift, die Frage, *inwieweit die Pigmentierung der Ausdruck einer allgemeinen Konstitution ist* ob also tatsächlich die Pigmentierung unter dem Einfluß des Klimas nur deshalb abgeändert wird, weil durch Klimaänderung die gesamte Konstitution geändert wird. Hier stehen wir vor einem weiten Gebiet, das die Forschung noch vor ungezählte Aufgaben stellt. Es kann ja wohl kaum bezweifelt werden, daß in vielen Fällen Änderungen der Pigmentierung nicht in gänzlich unabhängiger (autonom)er Weise, sondern im Rahmen einer bestimmten Konstitution zustande kommen. Daß die Rothhaarigkeit des Menschen kein selbständiges Merkmal, sondern nur den auffälligsten Ausdruck eines Symptomenkomplexes, einer „kleinen Konstitution“ bildet ist bereits angedeutet worden. Auch die Fuchsfarbigkeit der Pferde ist mindestens mit einer starken Neigung zur Bildung weißer Abzeichen verbunden, weitverbreitet ist über auch die Anschauung, daß bei den Fuchsen Widerstandsfähigkeit und Temperament ein charakteristisches Gepräge aufweisen. Gelbe (flavistische) Mäuse zeigen Neigung zur Fettsucht und Sterilität und besondere Erblichkeitsverhältnisse.

Wenn also die einzelnen Pigmentierungsstufen wirklich einen Index für Konstitutionsschwankungen geringeren Grades darstellen, so lautet unser Klimaproblem nicht einfach *wie wirkt das Klima auf die Pigmentierung* sondern *wie wirkt das Klima auf die Gesamtkonstitution* und auf Grund welcher physiologischer und entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhänge äußern sich klimatisch bedingte Konstitutionsvariationen in Abänderungen der Pigmentierung. Daß im individuellen Leben des Menschen die Wirkung der klimatischen Faktoren auf die Hauptpigmentierung wahrscheinlich eine sehr komplizierte Kausalkette darstellt, geht vor allem aus neueren Untersuchungen von Rothman hervor, welche den Einfluß des ultravioletten Lichtes auf die menschliche Haut zum Gegenstand haben²⁶⁾. Noch komplexerer Art muß die Wirkung des Klimas auf die Rassen und Artbildung sein, aber die Vorstellungen, die wir uns in dieser Hinsicht bilden können, sind zur Zeit nur ganz roher Art.

Bei einem zweimaligen Aufenthalt im hiesigen Forschungsinstitut ist es mir vergönnt gewesen, den Versuch zu machen, dieses Gebiet wenigstens von einer Seite her in Angriff zu nehmen. Es wurden bei mehreren Vogelarten, die sowohl hier in Davos, wie im

²⁶⁾ St Rothman: Untersuchungen über die Physiologie der Lichtwirkung. Zeitschr. exp. Med. 36 1923

Tiefland Standvogel sind, nicht bloß die Farbenunterschiede, sondern auch die morphologisch histologischen Verhältnisse speziell des Blutdrusensystems untersucht. Ich mochte hier nur ganz kurz erwähnen, daß bei der Rabenkrahe (*Corvus corone*), die vermutlich seit uralten Zeiten hier im Hochgebirge als Standvogel heimisch ist²⁷⁾, geringe, aber ausgeprägte Pigmentierungsunterschiede nachzuweisen sind, wenn man die hiesigen Exemplare mit solchen aus Halle vergleicht. Die Federn der Rückenseite des Halses zeigen bei der Davoser Form einen scharfen Unterschied der schwarzen Farbe der Federnfahne gegen über dem weißen Flaum der Federnbasis und außerdem einen gut abgegrenzten weißen „Schaftfleck“, der sich in Form einer schmalen Zunge in der Mitte des Fahnentails nach vorn erstreckt. Bei den Vögeln der Ebene sind die Farbenkontraste viel weniger scharf, der flaumige Federnteil ist mehr graulich-weiß, die weiße Zunge am Schaft breiter und weniger scharf abgegrenzt. Ich kann bisher nicht mit Bestimmtheit behaupten, in wie weit diese Eigentümlichkeiten der Davoser Form nur bei Gebirgsvögeln auftreten²⁸⁾, wenn auch verschiedene tiergeographische Angaben über die Farbenvarianten der nächstverwandten Nebelkrahe (*Corvus cornix*) Anhaltspunkte für diese Annahme geben²⁹⁾. Was nun die innere Organisation anbelangt, so sind, wenn man die Alters- und Jahreszeitenunterschiede berücksichtigt, die Schilddrüsen bei der Davoser Form wesentlich größer als bei der Hallischen, auch sind während der Fortpflanzungszeit die einzelnen Follikel im Durchschnitt erheblich größer. Die Nebennieren, deren Funktion in enger Beziehung zum Pigmentstoffwechsel steht, zeigen deutlich ausgeprägte histologische Unterschiede, deren physiologische Deutung über vorläufig noch nicht möglich ist³⁰⁾.

Alles was ich hier in Kürze vorgebracht habe, sind eigentlich nur erste Versuche in die Zusammenhänge zwischen Klima, Allgemeinconstitution und Pigmentierung auch von zoologischer Seite einzudringen, und es ist natürlich noch unsicher, ob und in wie weit einmal derartige Untersuchungen auch der menschlichen Physiologie, speziell der Hochgebirgsphysiologie, zu gute kommen können, sei es

²⁷⁾ Vgl. auch *Studer und Fatio* Katal. d. Schweiz. Vogel III. Lief. Bern 1901 S. 274.

²⁸⁾ Bei den Unterschieden welche der Davoser Haussperling gegen über der Ebenenform zeigt ist dies nicht der Fall. Die Davoser Form gehört wohl größtenteils dem *Passer italiae* oder einer Mischform von *P. domesticus* und *italiae* an (vergl. *Studer und Fatio* l. c. Lief. XIII Bern 1918, S. 2414).

²⁹⁾ *Naumann Henrich* Naturgesch. der Vogel Mitteleuropas IV Bd. S. 101.

³⁰⁾ Sehr auffällig ist die bedeutende Größendifferenz der Zellkerne der Inter- und derjenigen der Adrenalstränge bei 3 in diesem Jahr erhaltenen Davoser Krähen während bei den gleichzeitig erlegten Hallischen Vögeln die Interrenal- und Adrenalsubstanzkerne nur geringe Unterschiede zeigen.

mittels wohl gesicherter Einzelergebnisse, sei es in der Weise, daß die gegenwertigen Fragestellungen nach irgend einer Richtung hin modifiziert werden müssen. Das Davoser Forschungsinstitut steht auf dem Standpunkt, daß dies möglich ist und daß aus der engen Verbindung der menschlichen Physiologie und der zoologisch morphologischen Forschung auch auf diesen Gebieten Ersprießliches hervorwachsen kann. Wir Biologen aber sind seiner Leitung und seinem Kuratorium zu tiefstem Danke verpflichtet, daß das Institut auch uns in gastfreundlicher Weise seine Tore geöffnet hat.

Das Vorkommen des Jods in der Umwelt

Von Dr Th Fellenberg Bern

Die Bedeutung des Jodes für den menschlichen und tierischen Organismus ist seit der durch *Baumann* im Jahre 1895 erfolgten Auffindung dieses Elementes in der Schilddrüse sichergestellt. Die ersten Tatsachen, die für eine solche Bedeutung sprechen, liegen aber viel weiter zurück. Bereits anfangs der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erschienen umfangreiche Arbeiten über das Vorkommen von Jod in der Natur. Der französische Pharmakologe *Chatin* untersuchte mit äußerst feinen Methoden systematisch alle möglichen Naturprodukte auf Jod in der Hoffnung irgendwo auf Jodquellen zu stoßen, die eine technische Gewinnung dieses Elementes ermöglichen würden. Dies Ziel erreichte er zwar nicht. Hingegen führten seine Untersuchungen zu viel wichtigeren Ergebnissen. Er stellte vor allem einmal das ubiquitäre Vorkommen von Jod fest. Er fand Jod in den meisten Wassern in der Luft in den Wasserpflanzen und Wassertieren, später in geringerer Menge in den Landorganismen, dann in den Gesteinen und besonders in der Ackererde.

Chatin's analytische Fertigkeit gestattete ihm die Menge des Jods ziemlich genau abzuschätzen. Er fand regelmäßig in der Gegend von Paris und in den französischen Küstengegenden verhältnismäßig hohe Jodgehalte, in Gebirgsgegenden in den Talern der Pyrenäen und Alpen hingegen war das Jod besonders in den Gewässern in viel geringerer Menge zugegen. An Hand von Hunderten von Analysen suchte er zu beweisen, daß hohe Jodgehalte überall dort vorkommen, wo die Bevöllerung von Kropf verschont ist, daß aber Hand in Hand mit der Abnahme des Jods Kropf und bei noch niedrigeren Jodgehalten Kretinismus auftritt. Die Entstehung der genannten Krankheiten führt er auf Mangel an Jod in der Nahrung zurück. Zu ihrer Bekämpfung empfiehlt er neben der Wahl jodreicher Nahrungsmittel jodiertes Kochsalz.

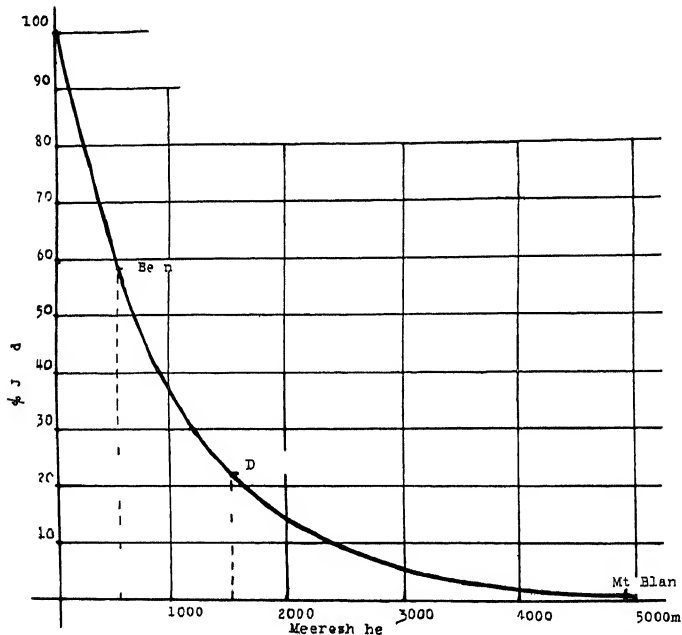
Obschon eine von der Académie des Sciences in Paris eingesetzte Kommission das allgemeine Vorkommen des Jods bestätigen konnte, gerieten die Arbeiten *Chatin's* doch allmählich in Vergessenheit, besonders da es nicht an Chemikern fehlte, welche die Ergebnisse dieses Forschers auf unzulängliche Weise nachprüften und in den genannten Produkten kein Jod auffinden konnten.

Seit einer Reihe von Jahren ist nun die Angelegenheit wieder in Fluß geraten durch die erneute Inangriffnahme der Kropfprophylaxe. Es trat das Bedürfnis auf, die Arbeiten *Chatin's* in ihren Grundlagen nachzuprüfen und speziell auch die Verbreitung des Jods in unserm Lande festzustellen. Im Laufe der letzten drei Jahre sind eine Reihe von Arbeiten über dieses Gebiet aus dem Laboratorium des eidgenössischen Gesundheitsamtes hervorgegangen. Die gestellte Aufgabe war zu groß, als daß sie in diesem Zeitraum einigermaßen ab

schließend hatte behandelt werden können. Man mußte sich damit begnügen, da und dort Einzelheiten herauszugreifen und so gewissermaßen durch Stichproben die Verhältnisse aufklären zu suchen. Ueber diese Arbeiten möchte ich Ihnen nun einen kurzen Ueberblick geben.

Jod kommt beinahe stets in bestimmbarer Menge in der Luft vor und zwar hauptsächlich in elementarer Form. Es hat die größte Dampfdichte von allen bei gewöhnlicher Temperatur merkbar flüchtigen Elementen, selbst eine höhere als Quecksilber. Sein Dampf ist 8,65mal schwerer als Luft. Daher findet es sich in den tiefsten Schichten der Atmosphäre angereichert und nimmt nach oben hin rasch ab.

Es läßt sich berechnen, wie sich der Jodgehalt bei vollkommen ruhiger Luft einstellen würde. Folgende Kurve gibt dieses theoretische Gleichgewicht wieder.



Danach waren in Bern, 544 m Meereshöhe noch 58% von dem Jod vorhanden, welches sich am Meeresstrand in der Atmosphäre befindet, in Davos, 1559 m über Meer, noch 21,7%, in Mont Blanc Höhe, 4810 m, nur noch 0,8 %.

Beim Ueberwinden von je 1000 m Höhendifferenz wurde die Luft 62,5% ihres Jodes verlieren. Beim Steigen um 707 m wurden wir die Hälfte des Jods unter uns lassen.

In Wirklichkeit stellt sich dieses theoretische Verhältnis aber nie ein, es wird durch Winde, durch aufsteigende Luftströmungen, durch das stete Entweichen elementaren Jods aus der Erde und den Gewässern, besonders aus dem Meer, durch das Auswaschen des Jods durch die Niederschläge beständig gestört.

Wie verschieden der Jodgehalt der Luft am selben Orte sein kann zeigten u. a. zahlreiche Untersuchungen von Regenwasser und Schnee. Nach einer Schonwetterperiode finden sich in den Niederschlägen anfangs ziemlich große Jodmengen. Hält der Regen einige Zeit an, so sinkt der Jodgehalt von Tag zu Tag. Einige regenlose Tage genügen um die Atmosphäre wieder an Jod anzureichern. Aber nicht nur durch Regen und Schnee, auch durch Tau und Reif werden beträchtliche Mengen Jod niedergeschlagen. Verdunstet am nächsten Morgen der Tau, so geht das Jod insofern es nicht inzwischen organisch gebunden worden ist, wieder in die Atmosphäre.

Aber nicht nur aus allen Gewässern, auch aus der Erde entweicht stets Jod in die Luft. Herrscht Windstille, so finden sich die alleruntersten Partien der Atmosphäre an Jod stark angereichert, da die Diffusion in die höheren Schichten eine gewisse Zeit erfordert.

So fand man bei gleichzeitig ausgeführten Luftanalysen direkt über dem Boden bis 9mal mehr Jod als in normaler Atemhöhe (155 m). Ferner erhielt man wieder bei gleichzeitiger Luftentnahme in Atemhöhe 13mal mehr Jod als auf einem 68 m hohen Turm. In 15 Proben Luft meist aus der Nähe der Stadt Bern wurde im Durchschnitt 0,7 γ Jod pro m³ oder 0,57 γ pro kg Luft gefunden.

Die Jodgehalte werden wir im Folgenden meist als $\gamma = 0,001$ mg angeben.

Die Niederschläge weisen, auf die Gewichtseinheit bezogen, einen ähnlichen Jodgehalt auf wie die Luft, auf die Volumeneinheit bezogen, einen 1000mal höheren. 36 Regen- und Schneeproben von einem Außenquartier Berns, welche die gesamten Niederschläge während zweier Wintermonate repräsentieren, enthielten durchschnittlich 0,95 γ Jod im Liter. Auf dem Dach des eidgenössischen Gesundheitsamtes, in nächster Nähe der Bahn, wurde die anderthalbfache Menge dieses Betrages gefunden. Es zeigte sich, daß beim Verbrennen von Steinkohlen stets Jod in die Luft entweicht und zwar einerseits in anorganischer Form, andererseits in organischer Bindung in Form von Ruß. Die Luft im Innern der Städte und an Industrieorten muß daher jodreicher sein, als auf dem Land.

Man fand in 1 kg Steinkohlen 92 γ Jod, in 1 kg Steinkohlenasche 52 γ . Da die Steinkohle ungefähr 10 % Asche enthielt, sind bei der Verbrennung 5 γ Jod in die Asche gelangt, 87 γ sind entwichen. Im Steinkohlenruß fand man 40,000 γ Jod pro kg. Es erwies sich auch der in einem Eisenbahnübergang sich absetzende Reif als viel jodreicher als gleichzeitig gebildeter Reif von andern Lokaltaten. Außerhalb Berns, in der Nähe von Wabern, fand man 1,1 γ Jod in 1 kg Reif, am Drahtgitter des erwähnten Bahnübergangs 15,3 γ . Im ersten Falle war die Hälfte, im zweiten $\frac{1}{3}$ anorganisch gebunden, der Rest organisch.

Wenn wir die jährlich in der Schweiz verbrannten Steinkohlen auf 24 Millionen kg veranschlagen, so konnten daraus ungefähr 2 kg Jod in die Luft entweichen. Die Jodmenge aber, welche durch die Niederschläge jährlich in der Schweiz auf die Erde gelangt, ist ungefähr 10,000mal größer. Hingegen konzentriert sich das aus den Steinkohlen entweichende Jod hauptsächlich auf gewisse Zentren.

Auch der bei der Verbrennung von Holz entstehende Ruß ist jodhaltig, aber in viel geringerem Maße als Steinkohlenruß, einmal, weil der Jodgehalt des Holzes überhaupt geringer ist und dann auch, weil das Jod hier wegen der alkalischen Reaktion der Holzasche größtenteils in der Asche bleibt. Während der Steinkohlenruß 423mal mehr Jod enthielt als die Kohlen selbst, fand man im Buchenholzruß nur den dreifachen, in Tannenholzruß den 23fachen Betrag von dem des Brennmaterials.

Um den Einfluß der Meereshöhe auf den Jodgehalt der Luft zu studieren, wurden vergleichende Bestimmungen in den Niederlagen von Bern, 544 m über Meer und von Adelboden, 1356 m, vorgenommen.

In Bern fand man im Durchschnitt von 2 Monaten 143mal mehr Jod als im 900 m hoher gelegenen Adelboden. Dabei waren die Niederschlagsmengen in beiden Fällen ähnlich. Nach der theoretischen Berechnung hatte man in Bern das 243fache finden sollen. Unser Resultat zeigt also, daß dies theoretische Verhältnis zugunsten der hohen Lage verschoben wird. Ja sogar eine Abnahme des Jods mit steigender Meereshöhe ist im einzelnen nicht immer feststellbar. Der erste Schneefall des Winters 1922/23 erfolgte bei uns in der Nacht vom 26/27 November. Man untersuchte Schneeproben von Bern, von Wabern am Fuß des Gurten und vom Gurten selbst. In der nächsten Nacht fiel nochmals Schnee. Ich bestieg nun das Niederhorn bei Beatenberg und entnahm von dort und von der 1400 tiefer gelegenen Peatenbucht ebenfalls Proben. Man fand

Tabelle 1

	Meereshöhe	J im kg Schnee
Bern	544	0.65
Wabern	564	0.6
Gurten	862	0.6
Beatenbucht	570	1.9
Niederhorn	1965	2.2

Einerseits war also der Jodgehalt im Berner Oberland hoher, als bei Bern, andererseits ließ sich in der Höhe sogar etwas mehr Jod nachweisen als in der Tiefe, statt umgekehrt. Das zeigt uns den unberechenbaren Einfluß der Luftströmungen. Es herrschten damals Westwinde vor.

Einen niedrigeren Jodgehalt als bei Regenwasser fand man im Flußwasser (Aare und Emme) nämlich durchschnittlich 0,7 γ einen noch niedrigeren im Berner Leitungswasser, 0,32 γ . Das Wasser verliert also auf seinem Weg durch den Boden in unsern Gegenden Jod.

Dies führt uns zu der Betrachtung der Erde und der Gesteine.

In den Gesteinen ist Jod in verhältnismäßig recht großen Mengen vorhanden. Man fand von etwa 230 γ bis gegen 12,000 γ

im kg Es kommt darin aber in recht verschiedener Form vor Durch Extraktion mit viel kaltem Wasser läßt sich nur eine geringe Spur in Lösung bringen Ein Teil ist zugleich mit den Karbonaten in Säurelöslich und findet sich dann in der Lösung als Jodwasserstoffsäure Ein anderer Teil kann nur durch Aufschließen in Lösung gebracht werden In den Silikaten ist das Jod in dieser Weise gebunden Wieder ein Teil des Jods ist in organischer Form da vielmehr bei Erde als bei den Gesteinen, und kann durch Kochen mit verdünnter Lauge abgetrennt werden

Die verwitterten Gesteine sind im allgemeinen viel jodreicher, als die festen Gesteine noch jodreicher sind die Erden Fünf feste Gesteine mit durchschnittlich 1550 γ Jod pro kg vermehrten ihren Gehalt beim Uebergang in verwittertes Gestein auf 3200 γ , beim Uebergang in Erde auf 4000 γ 13 Proben festen Gesteins mit durchschnittlich 1550 γ lieferten Erden mit durchschnittlich 3350 γ Jod

Es findet also nicht nur ein Auslaugen des Jods aus dem Boden durch das durchfließende Wasser statt, sondern meist eine starke Anreicherung Beide Prozesse können auch Hand in Hand gehen Verwittert ein jodreiches Gestein, zum Beispiel alkalikarbonatreiches, so geht mit der Auflösung des Karbonats Jod in anorganischer Form in Lösung und kann irgendwo in einer Jodquelle zu Tage treten

So sind beispielsweise die Ffinnischschichten des Weißen Jura aus welchen das Wildegger Jodwasser stammt sehr jodreich Ist nun der unlösliche Teil des Gesteins von vorneherein jodreicher als der lösliche so erfolgt trotz der Weglösung eine relative Konzentrierung Da zurückbleibende Gestein wird jodreicher sein als das ursprüngliche

Das aufgelöste Jod kann aber auch am Ort der Entstehung teilweise oder ganz stecken bleiben Dieser Prozeß wird wohl stets eingeleitet durch eine Adsorption Bei sauren Gesteinen ließ sich eine solche experimentell in etwas starkem Maße nachweisen, als bei basischen Gesteinen Sie war aber unter unsern Versuchsbedingungen stets nur unbedeutend und es ist fraglich, ob sie allein zu einer nennenswerten Erhöhung des Jodgehaltes führen konnte Es spielen sich aber in der Erde nach erfolgter Adsorption noch weitere Reaktionen ab

Man konnte denken, daß eine Ueberführung in eine unlösliche anorganische Verbindung erfolgt Wie andere Halogene, Cl und F in Form von Apatiten unlösliche Verbindungen eingehen, so konnte auch Jod ähnliche Jodapatite bilden Solche sind aber bis jetzt noch nicht bekannt geworden Wir wissen über die ganze Frage noch nichts Sicheres hingegen wissen wir, daß ein Teil des Jods in organischer Bindung übergeht und dadurch wasserunlöslich wird Die Erde hat stets in mehr oder weniger hohem Grade die Fähigkeit, aus vorhandenem Jodid elementares Jod abzuspalten Diese Fähigkeit läßt sich leicht bestimmen durch Zusatz größerer Jodidmengen zu der Erde und Absaugen und Auffangen des gebildeten Jodes in Pottaschelösung Die Wirkung ist bei den verschiedenen Erden sehr verschie-

den Sie wird beschleunigt durch Katalysatoren, wie Eisen und Mangan, und ist sehr abhängig von der Wasserstoffionenkonzentration der Erde. Je saurer die Erde ist, desto leichter spaltet sie Jod ab. Bei gleicher Wasserstoffionenkonzentration wirken Eisen- und manganreiche Erden stärker als solche, welche arm an diesen Metallen sind.

Die Bedingungen sind zur Jodspaltung günstig, sobald die Möglichkeit gegeben ist, aus Jodid Jodwasserstoffsäure zu bilden und so bald Sauerstoff zugegen ist, besonders in durch Katalysatoren aktivierter Form, wobei dann Jodwasserstoffsäure zu Jod oxydiert wird.

Das bereits erwähnte Entweichen von Jod aus den Gewässern erfolgt nach demselben Prinzip. Gelegentlich spielt dabei auch salpetrige Säure bzw. Nitrit und Kohlensäure eine Rolle. Bei Regenwasser, welches man sich selbst überließ, traten nach 30 Tagen Verluste von 31,41 und 100 % auf, bei Meerwasser waren nach 25 Tagen erst 6—8 % des Jods entwichen. Das Meerwasser reagierte deutlich alkalisch, pH betrug 7,5, daher die langsamere Reaktion.

Kehren wir zu der Erde zurück. Das in Freiheit gesetzte Jod entweicht zum Teil in die Luft und kehrt so in den Kreislauf zurück. Ein Teil davon wird aber an die organischen Stoffe der Erde gebunden und bleibt somit im Boden. Je reicher eine Erde an organischen Stoffen ist, desto mehr wird sie sich an Jod anreichern können. Voraussetzung, daß ihr anorganisches Jod zugeführt wird und daß die Bedingungen zur Abspaltung elementaren Jodes günstig sind, denn das Jodid wird soweit unserer Erfahrungen reichen, nie direkt in organische Jodverbindungen übergeführt, sondern immer erst, nachdem es vorher in elementares Jod übergegangen ist. So ließ sich zeigen, daß Eiereiweiß, in Kaliumjodidlösung gebracht, nur dann Jod aufnimmt, wenn für eine, wenn auch nur ganz schwach saure Reaktion und für genügend Luftsauerstoff gesorgt ist, also für Bedingungen, unter denen freies Jod entstehen kann. Ebenso nehmen auch Bakterien und Schimmelpilze nur unter diesen Bedingungen aus Jodidlösungen Jod auf. Wir dürfen wohl auch für die organischen Substanzen im Boden dasselbe annehmen. Ob die Jodierungen in der Schilddrüse ebenfalls nach diesem Schema vor sich gehen, wissen wir einstweilen noch nicht.

Das organische Jod der Erde ist sehr fest gebunden und wird nicht leicht wieder abgespalten. Es kann durch die Pflanzen natürlich nicht direkt aufgenommen werden, sondern nur in dem Maße, wie es wieder in anorganische Form übergeführt wird. In welchem Grade das geschieht, wie weit der Prozeß von der Jahreszeit, der Witterung, der Temperatur, den Feuchtigkeitsverhältnissen, der Bodenbearbeitung und durchlüftung, der Vegetation und der Bakterienflora abhängt, ist noch nicht näher untersucht worden.

Die Tatsache, daß die Erde nahezu immer jodreicher ist als ihr geologischer Untergrund, zeigt uns, daß die Abspaltung des organischen Jods im allgemeinen langsamer verläuft, als seine Bindung.

Ein Teil des Jods wird so fortdauernd aus der Zirkulation herausgenommen und aufgespeichert, um vielleicht erst in spätern geologischen Epochen wieder in Umlauf gesetzt zu werden

Wenn die Speicherung des Jods schon für die toten organischen Stoffe der Erde gilt, so gilt sie in noch viel höherm Grade für die organisierten Gebilde, und zwar hauptsächlich für die Meeresorganismen. Meerespflanzen und -tiere sind im allgemeinen sehr jodreich, bei den letztern sind nicht nur die Weichteile, sondern selbst die Panzer und Schalen jodhaltig. In jeder Muschelschale, in jeder Koralle läßt sich organisches und anorganisches Jod nachweisen. Die Meerestiere scheinen jedoch vorwiegend organisches Jod zu enthalten. Bekannt ist das Diodotyrosin des Badeschwammes und der Gorgonien.

In manchen Meeresalgen herrscht das anorganische Jod bei weitem vor. So fand ich in einer eßbaren japanischen Braunalge, Kombu genannt 0.264 % Jod oder 2.64 Millionen γ im kg, wovon $\frac{5}{6}$ in anorganischer und nur $\frac{1}{6}$ in organischer Bindung vorlag. Der Gehalt ist immer noch niedriger als der des Badeschwammes. Dort wurden 0.387 % Jod gefunden. In der Literatur sind zum Teil noch höhere Zahlen angegeben.¹⁾

Wie viel Jod die Meeresablagerungen führen, das hängt wohl sehr von ihrem Gehalt an organischen Resten zur Zeit ihrer Entstehung ab, sodann von der mehr pflanzlichen oder mehr tierischen Zusammensetzung dieser Reste und schließlich davon, ob die oxydativen Bedingungen zu einer gründlichen Verwesung vorhanden sind oder nicht. Die Meeresalgen dürften den Ablagerungen weniger Jod zuführen als die Meerestiere, da ihr anorganisches Jod nach dem Absterben größtenteils wieder in Lösung geht.

Wenn die Meeresorganismen durch die Bindung an den Strand geworfen werden und dort verwesen, so ist die Möglichkeit gegeben, daß ihr Jod, besonders das anorganische der Algen, durch die katalytische Wirkung der Erde in elementare Form übergeführt, in die Luft geht und neben dem direkt aus dem Meerwasser sich entwickelnden Jod als Tau und Regen wieder in den benachbarten und entfernteren Gegenden dem Erdboden zugeführt wird. Es steht mir nur eine einzige Analyse von Tau von der Nähe des Meeres zur Verfügung. Sie wurde mir durch Dr. Függenberger von Foite der Marmara an der ligurischen Küste mitgebracht. Sie enthält 18 γ Jod im Liter, während Tauprobe von Bern nur 4,8 und 7.1 γ ergaben.

Der vermutlich recht hohe Jodgehalt der Meeresluft, der übrigens unbedingt nachkontrolliert werden sollte, ruht nicht oder kaum von verstaubtem Meerwasser her, wie vielfach vermutet wird, sondern von elementarem Jod, welches in der geschilderten Weise in die Luft gelangt.

¹⁾ Diese japanische Alge ist das jodreichste Nahrungsmittel, welches mir bisher in die Hände kam. 20 g davon etwa als Finlake in einen Fisch genossen, enthalten etwa 1400mal mehr als die tägliche Ration jodiertes Kochsalz.

Die Meeresorganismen nehmen so begierig Jod auf, daß das Meerwasser selbst immer nur relativ wenig davon enthält. In 6 Proben Meerwasser aus Frankreich und Italien fand ich im Liter 5—51, durchschnittlich 23 γ .

Sehr verbreitet ist die irrtümliche Meinung Meersalz sei jodreich. Das ist durchaus nicht der Fall. Man bedenke, wie das Salz gewonnen wird, daß bei der Kristallisation die Jodide in der Mutterlauge bleiben, daß das Salz vor dem Versand meist Monate lang offen liegen bleibt, wobei es seine letzten Jodspuren noch verlieren kann. Man fand in 4 Proben französischen Meersalzes 0—15 γ , im Durchschnitt 4,1 γ Jod im kg einen Gehalt, der nicht höher ist als der unseres bis vor kurzem als jodfrei angesehenen Rheinfelder Salzes und 60mal weniger ausmacht als beim Salz von Bex.

Einen etwas höheren Gehalt zeigte ein rohes Lagunensalz von der Malabarküste, es enthielt 66 γ im kg. Nach der gebräuchlichen Reinigung durch die Einwohner, die aber nicht in einem Umkristallisieren, sondern in einem Umlosen besteht, wobei die ganze Lösung eingedampft wird, waren noch 58 γ vorhanden. Die Vorstellung, daß der Konsum von Meersalz die Entstehung des Kropfes verhüten könne oder daß Meersalzbäder eine spezifische Jodwirkung ausüben, ist nicht haltbar.

Obschon das Meerwasser nicht gerade als jodreich bezeichnet werden kann, so überragt sein Jodgehalt den der Süßwasser doch bei weitem, so sind auch die Meeresorganismen außerordentlich viel jodreicher als die Süßwasserorganismen. Folgende kleine Tabelle mag Ihnen dies illustrieren.

Tabelle 2
Meer

	γ J im kg
Meerwasser (Strand) 5 Proben	23
Meertang trocken 2 Proben	1 770 000
Meerfische (nach Bourcet) 27 Proben	900
Süßwasser	
Trinkwasser 7 Proben	0.32
Regenwasser Bern 36 Proben	0.95
Flußwasser 5 Proben	0.7
Süßwasseralgen trocken 4 Proben	3260
Süßwasserfische (Aare Thunersee) 2 Proben	33

Trotz des gewaltigen Unterschiedes gegenüber den Meeresalgen sind doch auch die Süßwasseralgen verhältnismäßig sehr jodreich. Auch sie haben die Fähigkeit, dem Wasser sein Jod weitgehend zu entziehen.

Bei den Landpflanzen sind es im allgemeinen die Blattteile, welche hauptsächlich Jod aufnehmen. Bei zirka 20 Blattgemüse und Grasproben fand man, auf Trockensubstanz berechnet durchschnittlich 385 γ Jod im kg, also ungefähr 8.5mal weniger als bei den Süßwasseralgen. Daß das Jod, welches doch so reichlich im Boden vorhanden ist, nicht besser aufgenommen wird, hängt natürlich damit zusammen, daß die Jodverbindungen des Bodens meist sehr wenig löslich sind. So konnte man aus einem feinen Schlamm eines

Junigesteins mit 13400 γ im kg durch zweistündiges Schütteln mit dem 10fachen Gewicht an destilliertem Wasser nur 0,4 % des Jods herauslösen

Man konnte denken, daß sich durch künstliche Düngung mit Kaliumjodid eine starke Jodanreicherung in den Pflanzen erzielen lasse. Auf der eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Liebefeld vorgenommene Versuche mit Runkelrüben ergaben auch eine gewisse Vermehrung, die mehr die Blätter, als die Wurzeln betraf. Sie stand aber hinter den Erwartungen zurück.

Die Erde der Versuchsanstalt wirkt in hohem Grade katalytisch. Sie oxydiert das zugesetzte Jodid zu elementarem Jod. Da durch gute Stallmistdüngung für genügend organische Stoffe gesorgt war, wurde das freie Jod in unwirksames organisches Jod übergeführt. Das Hauptresultat des Versuches war somit eine Umwandlung des zugesetzten anorganischen Jodes in organisches und eine nur geringe Mehraufnahme durch die Pflanzen. Vermutlich wurden andere Böden unter denselben Versuchsbedingungen bessere Resultate ergeben haben. So hat auch *Stollas* bei Versuchen, die er mit Zuckerrüben in Prag vornahm, eine bessere Jodiesorption erhalten als wir.

Die Pflanzen nehmen übrigens nicht nur durch die Wurzeln, sondern auch durch die Blätter direkt aus der Luft Jod auf, wie mehrmals nachgewiesen wurde.

Das zeigte sich u. a. darin, daß die unteren Zweige eines Thujastrauches als deutlich jodreicher befunden wurden als die oberen Zweige. Auch fand man an einer in einem Buchenstamm wachsenden einzelligen Alge die dem Boden benachbarten Pflänzchen jodreicher als die höher oben sitzenden. Beide Befunde deuten auf das auch direkt nachgewiesene Entweichen elementaren Jodes aus dem Boden auf seine Anreicherung in den tiefsten Luftschichten und auf eine direkte Aufnahme des Luftjods durch die Pflanzen.

Verhältnismäßig recht jodreich sind die Flechten, wenn sie schon auf jodreicher Unterlage, wie etwa Baumrinde wachsen oder auf Unterlagern, die zwar jodreicher sind, ihr Jod aber in äußerst schwer zugänglicher Form enthalten, wie das bei den Urgesteinen der Fall ist.

Die Flechten greifen das Gestein nur so oberflächlich an, daß sie ihm kaum nennenswerte Jodmengen entziehen können. Das Jod muß also auch hier aus der Atmosphäre und den atmosphärischen Niederschlägen (Regen, Schnee, Tau) stammen. Es macht sich hier ein deutlicher Einfluß der Höhenlage bemerkbar. In 4 im Oberwallis bis zur Höhe von 2800 m gewachsenen Flechten wurden im Mittel 240 γ Jod im kg gefunden, in 4 im bernischen Mittelland gewachsenen 380 γ . Hier zeigt sich also wieder der etwas niedrigere Jodgehalt der Hohenluft.

Die allerhöchsten Jodgehalte unter den Landpflanzen bis 2400 γ , finden wir bei einer einzelligen Alge. Das langsame Wachstum dieser Pflänzchen dürfte sie noch mehr als die Flechten zur Aufnahme des Jods aus der Luft befähigen.

Die Blätter der Bäume enthalten im Frühjahr gleich nachdem sie gewachsen sind noch wenig Jod erst allmählich steigt der Gehalt an. So fand man im Buchenlaub aus einem Walde bei Bern am 12. Mai 1,2 $\gamma\gamma$ pro Blatt, am 16. August aber 171 $\gamma\gamma$ wobei 1 $\gamma\gamma$ = 1 Millionstel Milligramm.

Beim Absterben und Abfallen der Blätter wird das Jod nicht oder nur in geringem Grade zurückgezogen, da es vorwiegend organisch gebunden ist und zwar in wasserunlöslicher Form. So fand man im Monat Mai im letztjährigen am Waldboden aufgelesenen Buchenlaub noch 9,9 $\gamma\gamma$ Jod pro Blatt. Es ist klar, daß der Humus durch das Fall-Laub wesentlich in Jod bereichert wird.

Da uns die ganze Jodfrage hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Kropfproblem interessiert, wurden eine Reihe von Produkten aus kropffreien Gegenden und aus Kropfgegenden auf ihren Jodgehalt untersucht. Zuerst wurden das nahezu kropffreie La Chaux-de-Fonds und das stark mit Kropf behaftete Signau miteinander verglichen. Man analysierte je 10 Gemusensorten und das Trinkwasser. Die Produkte von La Chaux-de-Fonds waren im ganzen jodreicher. Man berechnete nach einer allerdings ziemlich willkürlichen Zusammenstellung den Jodgehalt der täglichen Nahrung und kam dabei für Signau auf 13 γ für La Chaux-de-Fonds auf 31 γ Jod. Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds war 21mal jodreicher als das von Signau.

Sodann verglich man einige argauische Dörfer miteinander, von welchen nach einer 10 Jahre früher durch *Dieterle Hirschfeld* und *Kluger* vorgenommenen Untersuchung die Kropfhäufigkeit bekannt war.

Bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln war hier ein Unterschied in der erwarteten Richtung nicht zu bemerken, wohl aber bei den tierischen Produkten, Milch und Eiern, ferner in hohem Grade bei Trinkwasser, bei der Luft und schließlich bei den Gesteinen und der Erde.

Folgende kleine Tabelle, ein Auszug aus vielen Zahlen, mag Ihnen dies zeigen.

Tabelle 3

	/ Kropf γ	J im kg Gestein	γ J im kg Erde	γ J im l Wasser	/ J im m Luft
Effingen	1	5400	11900	25	051
Hornussen	121	830	4940	—	—
Hunzenschwil	562	510	620	015	—
Kaisten	616	430	1400	069	003

Sie sehen, wie sich das nahezu kropffreie Effingen durch einen außerordentlich hohen Jodgehalt seiner Gesteine und der Erde auszeichnet und wie der Jodgehalt mit steigender Kropfhäufigkeit sinkt.

Daß das resorbierbare Jod der Nahrung auch in Effingen bedeutend höher ist als in den genannten andern Argauerdörfern, beweisen Hirnuntersuchungen, welche an 30 Personen dieser Ortschaft

ten ausgeführt wurden. Die durchschnittliche tägliche Jodausscheidung durch den Harn betrug in Effingen 64, in Kaisten 19 und in Hunzenschwil 17 γ . Die gesamte Ausscheidung muß überall etwas höher sein, da auch auf andern Wege als durch den Harn Jod ausgeschieden wird. Jedenfalls können diese Zahlen zur Vergleichung der Jodbilanz der Bewohner der genannten Dorfer dienen.

Genauere Untersuchungen über den Jodstoffwechsel habe ich an mir selbst in einem 54 Tage dauernden Versuch ausgeführt. Die Grundnahrung bestand aus Brot, Milch, Butter, Käse, Konfitüre, Äpfeln und Kartoffeln. Sie enthielt 14 γ Jod pro Tag. Nachdem die tägliche Jodausscheidung anfangs etwas höher gewesen war, stellte sie sich allmählich ungefähr auf den Gehalt der Grundnahrung ein. In einer nun folgenden Periode wurden täglich 50 γ Kaliumjodid eingenommen, dieselbe Menge, welche man durch den Genuß von 10 g jodiertem Salz erhält. Das Jodid wurde vollständig resorbiert, die Jodausscheidung erhöhte sich, aber nicht bis zur Höhe des eingenommenen Jods. Ein Teil wurde gespeichert, und zwar ungefähr $\frac{1}{3}$. Ähnlich verhielt es sich nach der Einnahme von Lebertran. Auch hier wurde das Jod resorbiert und ein entsprechender Teil gespeichert. Bei Genuß von Sardinen hingegen und von Bachkresse war die Resorption bedeutend schlechter. Es wurde ein großer Teil des Jods mit dem Kot ausgeschieden.

Als man nach diesen Mehraufnahmen in Jod wieder zur Grundnahrung zurückging, schied man nun in der nächsten Zeit bedeutend mehr Jod aus als man einnahm, nämlich ungefähr 40 γ , während doch die Einnahme nur 14 γ betrug. Durch die Jodspeicherung war eine leicht mobilisierbare Jodreserve angelegt worden, welche nun in Funktion trat. Selbst an zwei aufeinander folgenden Fasttagen betrug die Ausscheidung noch 25 und 31 γ .

Bei diesen Untersuchungen waren Harn, Kot, Nasenschleim und Schweiß so gut wie dieser sich fassen ließ, analysiert worden.

Die unvollständige Resorption des Jods der Pflanzennahrung, die nach Genuß von Bachkresse zutage trat, wurde durch Versuche an der Kuh bestätigt. Es zeigte sich, daß die Kuh, die doch selbst Zellulose verdaut, die Jodverbindungen des Grases und Heus nur unvollständig ausnutzt. Im Durchschnitt von je 16 Proben fand man im Later Harn 22,5 γ Jod, im kg Kot 51 γ . Wenn man die abgesonderte Harnmenge auf 20 l, die Kotmenge auf 30 kg schätzt, so kommt man in unserm speziellen Falle auf eine tägliche Ausscheidung von 440 γ Jod durch den Harn und von 1020 γ durch den Kot.

Man kann also aus dem Gesamtjod eines Nahrungsmittels noch keinen Schluß ziehen auf die Menge des wirklich resorbierbaren Jods, auf welches es ja einzig ankommt. Aus dem so viel höheren Jodgehalt der Harne von Effingen geht mit größter Wahrscheinlichkeit hervor, daß die dortigen Gemüse bei ungefähr gleichem Jodgehalt den Gemüsen von Kaisten und Hunzenschwil in der Resorbierbarkeit weit überlegen waren. Wahrscheinlich war das anorganische Jod darin in

größere Menge zugegen. Zu Zeit überblicken wir diese Verhältnisse noch nicht genügend. Wir wissen über die Jodverbindungen unserer taglichen Nahrung und über ihre Resorbierbarkeit noch zu wenig. Anorganisches Jod scheint darin in sehr wechselnden Mengen, meist nicht gerade reichlich aufzutreten. An Fett gebundenes Jod kommt ebenfalls meist nur in sehr geringer Menge vor. In Eidnußol wurden 4, in Schweinefett 17 γ im kg gefunden. Es gibt aber Ausnahmen. Sehr jodreich ist Lebertran. Man fand darin 3500—7000 γ . In Eierol waren 360—420 in Butterfett wechselnde Mengen in der bernischen Marktbutter etwa 40—100 γ im kg. Diese Befunde deuten auf einen Zusammenhang zwischen fettloslichem Jod und Vitamin A hin. Es scheint, daß die Fette, welche Vitamin A enthalten, auch reich an fettloslichem Jod sind, vielleicht sogar im Verhältnis zu ihrem Gehalt an Vitamin.

Außer dem anorganischen und dem an Fett gebundenen Jod ist auch das Jod der Schilddrüse, Tyroxin und jodierte Proteine, resorbierbar. Was sonst noch für Jodverbindungen vorkommen, in welcher Weise das unverdauliche Jod der grünen Pflanzen gebunden ist, wissen wir nicht.

Welchen Einfluß die Witterung auf die Zusammensetzung eines Futtermittels haben kann, wurde an verregnetem und unverregnetem Heu untersucht. Bei der regnerischen Witterung im Juli dieses Jahres konnte das Heu in den hohen Lagen vielfach nicht trocken eingebracht werden. Ich untersuchte eine Probe eines 4—5 Tage draußen gelegenen nahezu täglich verregneten Heus und eine sorgfältig getrocknete Grasprobe von demselben Feld. In beiden Proben wurde das Gesamtjod und das anorganische Jod bestimmt. Man fand Heu nicht verregnet 447 γ Gesamtjod im kg, 45 γ anorg. Jod im kg Heu, verregnet 417 γ Gesamtjod im kg, 5 γ anorg. Jod im kg.

Vom anorganischen Jod war also nur noch $\frac{1}{10}$ vorhanden. Organisches Jod scheint nicht herausgelöst worden zu sein.

Wie amerikanische Forscher an einem großen Material festgestellt haben, sind die Schilddrüsen unserer Haustiere im Herbst am jodreichsten und nehmen gegen das Frühjahr immer mehr an Jod ab. Wenn wir nur den Gesamtjodgehalt der Nahrung betrachten, so ist uns ein solches Verhalten vollständig unverständlich, denn im Heu ist nicht merkbar weniger Jod enthalten als im Gras. Ein deutlicher Jodverlust beim Trocknen des Grases oder bei der Aufbewahrung des Heus läßt sich wohl nicht nachweisen. Wenn wir aber annehmen, daß die Form, in der das Jod auftritt, maßgebend ist, so dürfen wir vermuten, daß etwa die Resorbierbarkeit des Jods bei der Lagerung abgenommen hat, daß vielleicht resorbierbare organische Jodverbindungen in nicht resorbierbare übergegangen sind, oder daß anorganisches Jod organisch gebunden worden ist. Es könnten aber auch Veränderungen im Vitamingehalt der Nahrung oder Reaktionsänderungen im endokrinen System die Jodspeicherung der Schilddrüse beeinflussen.

Am meisten interessieren werden Sie die Zusammenhänge zwischen Jod und Klima, insofern sich solche überhaupt auffinden lassen

Heinrich Hunziker hat in genialer Weise durch Verarbeitung der Rekrutenstatistiken von 13 Jahrgängen feststellen können, daß ein enger Zusammenhang zwischen Kropf und Klima besteht. Wenn es uns nun gelingen sollte, Zusammenhänge zwischen Jod und Klima zu finden, so wurde das auch wieder für einen kausalen Zusammenhang zwischen Jod und Kropf sprechen.

Hunziker hat nachweisen können, daß der Kropf in der Schweiz in gehäufteter Zahl in den mittleren Lagen von 600—900 m auftritt. In den tieferen Lagen ist er seltener und ebenso auch in den höheren Lagen. *Hunziker* zeigt ferner, daß diese mittleren Lagen sich besonders in der Frühjahrszeit, während der Schneeschmelze, durch ein besonders feuchtes Klima auszeichnen. Die Schneeschmelze dauert hier viel länger als in den tieferen Lagen, die zur selben Zeit bereits schneefrei sind und auch länger als im Hochgebirge.

Die Zusammenhänge zwischen Kropf und Klima sind so enge, daß eine geographische Verschiebung der Kropfhäufigkeit im Laufe der Jahre sich feststellen ließ, die mit entsprechenden Klimaverschiebungen in direktem Zusammenhang zu stehen scheint.

Wenden wir uns nun wieder dem Zusammenhang zwischen Jod und Klima zu. Da müssen wir vor allem an die Möglichkeit denken, daß der Jodbedarf in den verschiedenen Klimaten ein verschiedener sein konnte, wie *Hunziker* und auch *Eggenberger* annehmen. Daß das Meeresklima abgesehen von lokalen Momenten, im allgemeinen am jodreichsten ist, daran dürfte kein Zweifel bestehen. In der Regel genügt dieser Jodgehalt, um Kropf vollständig zu vermeiden. In feuchten, nebelhaften Klimaten ist das vielleicht nicht stets der Fall. Die günstigen Einwirkungen des herrlichen Klimas des Golfes von Neapel auf die Schilddrüse, auf das Knochenwachstum und den Haarwuchs wie sie im Vortrage von Herrn *Cuomo* geschildert werden, das sind doch dieselben Wirkungen, die man auch mit jodiertem Kochsalz erzielt.

Im Hohenklima dürfte der Jodbedarf ein niedrigerer sein als in den mittleren Lagen, so daß der Kropf dort weniger auftritt, obgleich, wieder abgesehen von etwaigen zufälligen lokalen Momenten, eines hohen Jodgehalts der Gesteine oder der Gewässer der Jodgehalt dort am geringsten sein dürfte.

Wie kann man sich über einen verminderten Jodbedarf der Schilddrüse im Hohenklima vorstellen? Ich denke da entweder an eine direkte Einwirkung des Hohenklimas, vor allem der Strahlung auf die Schilddrüse oder in eine indirekte Wirkung auf dem Umweg über die Haut oder das Blut. Es wäre denkbar, daß durch diese Einwirkung unwirksame Jodverbindungen in wirksame, von der Schilddrüse assimilierbare, umgewandelt wurden sei es, daß sich

dieser Vorgang in der Haut oder in der Blutbahn abspielte. So wurde gewissermaßen die entgegengesetzte Reaktion eintreten, die wir beim Altern des Heus angenommen hatten. Wie dort die Jodverbindungen des Grases sobald dieses getrocknet wird und die Lichtwirkung aufhort allmählich unwirksamer werden, so hatten wir hier vielleicht in unserem Organismus selbst durch die Bestrahlung eine Steigerung der Wirksamkeit der Jodverbindungen durch Umwandlung in eine geeignetere Form.

Entschuldigen Sie diese Abschweifung in das Hypothetische. Das ganze Gebiet, über welches ich Ihnen vorzutragen die Ehre hatte, ist ja noch recht wenig bearbeitet. Was die Zusammenhänge mit dem Klima betrifft, konnte ich leider nur einige Möglichkeiten äußern. Ich glaubte aber, sie nicht unterdrücken zu sollen, da sie Fragen aufrollen, die wenigstens teilweise dem Experiment zugänglich sein durften und die zu bearbeiten wie mich dünkt, sowohl für die Kropfbekämpfung wie für die Klimatologie von einer gewissen Bedeutung sein konnte.

Ueber die Unterschiede zwischen Küsten- und Binnenlandklima in Holland

Von Dr. C. M. Mol s. G. in G. A. v. H.

In der medizinischen Wissenschaft hat die Erfahrung höhern Wert als die Theorie

Besonders in der Klimatotherapie hat erstere fast allein bis jetzt den richtigen Weg gezeigt. „Le malade“ sagt *d'Espine* „est en définitive un meilleur rectifié, que nos cerveaux de théoriciens“. Aber der wissenschaftliche Arzt wenn er einen therapeutischen Faktor in irgendeinem Klima erblickt, wenn er schon annimmt, daß es einen Einfluß auf den gesunden oder kranken Menschen ausübt, will auch das Wie und Warum wissen, und ihm läßt die Frage der Kurabilität keine Ruhe. Es gibt zwar noch Mediziner, welche an physiologische und therapeutische Wirkung der Klimafaktoren nicht recht glauben wollen und die beobachteten Folgen nur der Suggestion der Kranken oder sogar des Arztes zuschreiben.

Ich will darauf nicht tief eingehen. Nur möchte ich was das Seeklima betrifft, daran erinnern, daß z. B. *Harberlin* und *Müller* gefunden haben daß der Kalorienverbrauch in der Nahrung, welcher bei Kindern in Berlin 1445 Kalorien p. m. Körperoberfläche betrug in einer Walderholungsstätte bei Berlin auf 1500, an der See aber bis auf 2700 Kalorien anstieg. Das ist doch mit der Hypothese der Suggestion nicht viel anzufangen.

Kestner der Hamburger Physiologe, hat Stoffwechselversuche gemacht mit Patienten des Seehospizes der Stadt Schöneberg auf Fohr und hat dabei die Steigerung des Gaswechsels, welche von verschiedenen Faktoren des Seeklimas bedingt wird, feststellen können. Wie schon früher *Loewy* und *Müller* hat er Seeklima und Hochgebirgsklima als die beiden einzigen Klimate bezeichnet, welche derweise auf den Organismus einwirken. Das Binnenland, auch das Mittelgebirge, und das Mittelländische Meer besitzen solche Klimafaktoren nicht.

Was nun die Wirkung des Seeklimas betrifft, so bestehen z. B. zwischen dem Klima der Nordseeküste und demjenigen der mittelländischen Niederung so augenfällige Unterschiede, daß es nicht

schwer fällt, eine verschiedene Wirkung dieser beiden auf den Organismus anzunehmen. Das Seeklima ist feucht die Sommer am Meere sind kuhl die Winter warm, die Luft ist stark bewegt, die vorhandenen Winde wehen von dem Wasser her und bedingen eine relativ große Reinheit der Atmosphäre. In allen diesen Beziehungen bestehen im Inland teilweise entgegengesetzte Verhältnisse. Die Temperaturunterschiede sind größer, die Luftfeuchtigkeit ist geringer und mit der Staub und Bakterienfreiheit der Luft ist es, wenigstens an den dichtbevölkerten Stellen, öfters übel beschaffen. Jedoch wenn man die Frage stellt, warum bei gesunden, aber noch mehr bei kranken Menschen, welche aus in nächster Nahe des Meeres gelegenen Gegenden zur Küste kommen die gleiche Umstimmung des Organismus sich einstellt, wie bei den aus dem fernern Osten gekommenen dann wird die Antwort schon schwieriger. Es handelt sich zum Beispiel darum, wie zu erklären ist daß die Einwohner der Niederlande welche auf zehn bis hundert Kilometer vom Meere wohnen, ebenso stark durch den Aufenthalt an der Küste beeinflußt werden, wie die Mitteleuropäer. Denn im ganzen niederländischen Reiche haben wir das feuchtkuhle Seeklima. Der Wind ist in unserm flachen, ebenen Lande überall stark genug, die Temperaturverhältnisse weichen nur wenig ab von denselben an der Küste. Staub und Bakterien sind, abgesehen von den großen Städten in der Luft kaum in größerer Menge vorhanden.

Wenn wir dennoch den mächtigen Umschwung sehen, den der Organismus unserer Kranken nach der Beförderung an die Küste erfährt, dann drängt sich geradezu die Ueberzeugung auf, daß noch andere Faktoren wirksam sein müssen entweder qualitative Unterschiede, die wir noch nicht kennen, oder quantitative Differenzen, die bis jetzt unterschätzt worden sind ¹⁾

Der ganzen Küste des Festlandes Hollands entlang liegt eine breite, stellenweise bis 50 m hohe Dünenreihe nur an einer schmalen Stelle unterbrochen. Die Dünen sind von der Wasserlinie durch einen breiten flachen Strand getrennt. Der Strand besteht aus grobkörnigem weißem Sand mit Muscheln gemischt. Die Dünen bestehen aus eben solchem Sand, und sind teilweise mit Helmgras und andern Pflanzen und Strauchern, teilweise mit Wald bewachsen während hier und dort der Sandboden frei zu Tage liegt. Hinter den Dünen liegen die niedrigen mit Gras und Getreide bewachsenen ausgedehnten Polders der Provinzen Noord und Zuid-Holland, welche sehr wasserreich und

¹⁾ *Storm van Leeuwen* legt großes Gewicht auf die absolute Reinheit der Luft bei Asthma. Er will fast alle Fälle von Asthma auf Ueberempfindlichkeit für die spezifischen Allergene zurückführen und meint durch Aufenthalt in künstlich gereinigter Luft fast jedes Asthma heilen zu können. Auch für andere Krankheiten wie Tuberkulose Gicht Rheumatismus verspricht er sich davon große Erfolge. Da ist besonders bei einer Krankheit wie das Asthma weitere Nachprüfung wünschenswert und Bestätigung, andererseits abzuwarten.

größtenteils unter dem Niveau des Flußwassers liegen. Sie werden durch Wassermühlen künstlich trocken gehalten. Dieser wasserreiche und überdies mit üppiger Vegetation bedeckte Boden ist wenig geeignet, Staub zu bilden. Am Strand und in den Dünen ist der Sand zu grobkörnig um zu verstauben. Nur bei Sturm weht der Sand auf, aber dieser aufgeworfene Sand ist zu grob, um inhaliert zu werden. Der Wind kommt überall vorwiegend von der See her.

Barbier hat vor längerer Zeit die Unterscheidung gemacht zwischen dem Klima des Strandes und demjenigen der unmittelbar hinter dem Strand gelegenen Zone. Das erstere nennt er *climat marin*, das letztere *climat maritime*. Das *climat maritime* ist das Klima der Gegend, welche unmittelbar hinter der ersten Dünenreihe gelegen ist oder durch Wald, Felsen oder hohe Gebäude dem unmittelbaren Einfluß des Seewindes entzogen ist. Dieses *climat maritime* haben viele Orte an der holländischen Küste. Es hat einen andern Einfluß auf den Kranken als das eigentliche Strandklima. Es läßt sich das zum Beispiel bei der Rachitis leicht feststellen. Die Rachitis heilt viel besser am Strand als in der Gegend, welche 300—1000 m mehr nach innen liegt.

Es ist beim Studium des Küstenklimas noch mit einem Faktor zu rechnen, nämlich mit der chemischen Beschaffenheit der Luft.

Von alters her hat man von der salzigen Seeluft gesprochen, und früher wurde gemeint, daß der Salzgehalt der Luft einer der wichtigsten Faktoren des Seeklimas wäre. Nur so weit als der Wind das Salz des Meeres nach innen wehte, bestände Seeklima. Das hat man jetzt anders gelernt. Im allgemeinen kann man wohl sagen, daß Kochsalz ein wechselnder und kein regelmäßiger Bestandteil der Luft ist. Daß es mit Verdampfung des Wassers in die Luft kam, ist eine physikalische Ketzelei. Es kann nur hineingecraten durch Verstaubung von Wasserteilchen bei kräftigem Wellenschlag, also bei Flut und starkem Wind.

Viele Untersuchungen sind darin einig. *Lindemann*, *Loeuy*, *Müller*, *Cronheim* und *Bornstein* haben bei ruhigem Wetter kein Kochsalz gefunden. Von niederländischen Untersuchern wären zu nennen *Hofman*, welcher an der Küste in Scheveningen auch negative Resultate hatte, und *Heymann*, welcher im Vorjahr den Salzgehalt des Regenwassers bestimmt hat und dabei gefunden, daß darin regelmäßig etwas Chlor enthalten ist und zwar desto mehr je näher dem Meere der Regenmesser steht. Bei Seewind wurde mehr bei Landwind weniger Chlor gefunden, während auch die Stärke des Windes von Einfluß war. Bei südwestlichem Wind fand *Heymann* zum Beispiel im Regenwasser auf 440 m vom Meere 47 mg Chlor im Liter, auf 6 km von der Küste 16 mg im Liter. Ein anderes Mal bei Südwestwind 33,5 mg und 13 mg im Liter, bei Südwind nur 5 mg an der Station 140 m vom Meere, 1 mg auf 6 km vom Meere. Mit einem geringen Cl-Gehalt ist also vielleicht zu rechnen, aber ein wichtiger physiologischer oder therapeutischer Einfluß ist davon wohl nicht zu erwarten.

Der zweite chemische Bestandteil, welcher in Frage kommt, ist das Jod. Ältere Untersuchungen über den Jodgehalt der Luft liegen vor von *Chatin*, von *Gautier* und von *Duphil*, beide im Anfang dieses Jahrhunderts.

Gautier hat kein Jod in fester Form oder in gasförmigen Verbindungen in der Luft gefunden ebensowenig Jod in löslichen Salzen. In unlöslicher Form hat er Spuren von Jod gefunden und zwar war am Meere in 300 Liter Luft in Paris in 3000 Liter Luft Jod nachzuweisen. Die Jodmenge der Seeluft wäre das 12fache von derselben in Paris. Das Jod wäre in organischer Form vorhanden wie es sich findet in den Seepflanzen welche belanntlich jodreich sind.

A. Duphil hat in der Luft in Arcachon am Strand wasserlösliches und unlösliches Jod gefunden und zwar bei Seewind mehr als bei Landwind.

In M ³ Luft	Seewind	Landwind
lösliches Jod	125 γ	35 γ
organisches Jod	62 γ	30 γ
gasförmiges Jod	0	0
1 γ = $\frac{1}{1000}$ m G		

In allerletzter Zeit sind von *Heymann* in Holland auf 6 km vom Meere quantitative Untersuchungen gemacht worden. Er fand dieselbst ganz geringe Jodmengen welche fast immer unter 1 γ im m³ blieben.

Hohe Zahlen wurden von ihm gefunden bei Analyse des Regenwassers. Da wurde bei Seewind mehr Jod gefunden als bei Landwind. Auch bestand ein Unterschied je nachdem ob das Wasser in 440 m oder in 6 km Entfernung vom Meere gesammelt wurde. Es sind da zum Beispiel bei starkem Südwestwind 16—11 γ im Liter bei Ostwind 19—11 γ Jod im Liter Regenwasser gefunden worden.

Diese großen Unterschiede zwischen den Zahlen der früheren und der jetzigen Untersucher sind nicht so leicht zu erklären. Uebrigens hat *Duphil* auch viel höhere Zahlen gefunden für den Jodgehalt des Seewassers als *Heymann*. Dieser fand ± 15 γ im Liter während *Duphil* 25 m, also 25 000 γ fand. Die Zahlen *Heymanns* stimmen in diesem Fall mit denjenigen *van Fellenbergs* überein. Nach *van Fellenberg* soll das Wasser der See aber auch die Erde und das süße Wasser Jodium ausatmen. Die Jodfrage ist in letzter Zeit durch die Kropfuntersuchungen mehr in den Vordergrund getreten. Man hat auch in den Niederlanden behauptet daß der Kropf durch Jodarmut des Trinkwassers entstehen sollte und hat da die Hypothese aufgestellt daß die Nähe des Meeres vor Kropf schützen sollte. Bevor man jedoch zu solchen Schlüssen gelangt muß noch näher festgestellt werden ob überhaupt die Jodtheorie für niederländische Verhältnisse stimmt.

Vorläufig ist die Möglichkeit, daß der Jodgehalt der Luft ein wichtiger Faktor des Seeklimas wäre, höchstens eine Arbeitshypothese.

Der dritte Bestandteil der Seeluft, welcher in Betracht kommen konnte, ist das Ozon. Es ist vielleicht richtig daß die Luft am Meere mehr Ozon enthält als die Luft im Inland. Als Oxydationsmittel kann es zur Reinigung der Luft beitragen. Vielleicht wäre es als eine Indikation für die Reinheit der Luft anzusehen. Größere physiologische Bedeutung hat es wohl nicht. Ueber die Reinheit der Luft ist schon gesprochen worden. Allerdings ist zeitweise die Luft in Holland sehr reich an Pollenkörnern. Vielleicht kommen da im Sinne *Storm van Leeuwen* noch andere Stoffe in Betracht. Der günstige Einfluß, welchen die Seeluft auf Asthma und verwandte Zustände hat, ist schon längst bekannt. Aber warum Krankheiten wie Tuberkulose

und Rachitis bei Uebersiedelung von der hollandischen Ebene an die Kuste so gunstig verlaufen, das ist vorlaufig auch aus Unterschieden in der Reinheit der Luft noch nicht zu erklaren

Wenn es also schwer fällt, aus den bis jetzt besprochenen Momenten die Eigenart des Seeklimas als Heilmittel zu erklären, dann muß man noch in anderer Richtung suchen nach möglichen Unterschieden zwischen dem Küsten- und dem Inlandklima Hollands. Ist es vielleicht möglich, daß physikalische Eigentümlichkeiten bestehen würde in diesem merkwürdigen Gebiet, welches die Grenze zwischen Wasser und Land bildet? Es ist wohl von Wert nachzuspüren, ob schon in der geringen Entfernung zwischen Kuste und Mittel des Landes meteorologische Unterschiede zu finden sind. Der Umstand, daß das Königl. Meteorologische Institut in *De Bilt* ungefähr in der Mitte des Landes liegt und daß an der Kuste auch an verschiedenen Stellen viel Material gesammelt wird, hat es ermöglicht, dieser Frage näher zu treten.

Schließlich hat es uns besonders interessiert, ob vielleicht das Lichtklima der Seekuste ein Hauptfaktor der therapeutischen Wirkung sei wie das großartige Programm *Doornik*, welches eine umfassende Untersuchung der Lichtverhältnisse aller wichtigen Klimate der Erde beabsichtigt, ließ selbstverständlich bei uns die Frage aufkommen, ob zwischen dem Lichtklima an der Kuste und im Inland Unterschiede zu finden wären.

Es ist eine weitverbreitete Meinung, daß das Lichtklima an der Meereskuste anders ist als im Binnenland, d. h. nicht nur anders als im Hochgebirge, sondern auch verschieden von demselben in der Niederung. Diese Meinung wäre zu stützen:

1. auf die subjektive optische Empfindung. Der Lichteindruck auf das Auge ist im Meere viel stärker als im Inland,

2. auf die an der See schneller und stärker auftretende Pigmentierung der Haut,

3. auf die empirisch festgestellte Tatsache, daß das Licht am Strande viel stärker auf die photographische Platte einwirkt als im Binnenlande.

Ich habe aus den bekannten Schemen mit welchen die Photographen ihre relativen Belichtungszeiten berechnen, eine Tabelle zusammengestellt, welche die auffallenden Unterschiede, die in dieser Beziehung bestehen, in übersichtlicher Weise wiedergibt.

Die relative Belichtungszeit für jede Tagesstunde ist für die verschiedenen Monate des Jahres angegeben für vier hier hauptsächlich in Betracht kommende Orte. Die erste (Luft — Meer) entspricht den Lichtverhältnissen am Strande, die zweite denjenigen des Hochgebirges (Gletscher), die dritte gibt etwa die Eigenschaft der meisten Kuroite und Pinnenlandsanatorien, die vierte ist für die Beurteilung der Lichtstärke in einem guten Krankenhaus zu verwenden.

Man kann dieser Tabelle entnehmen, daß z. B. das Licht am Strande von gleicher Stärke ist wie auf einem Gletscher, sogar noch etwas stärker im Sommer wie es an der See 6mal so stark wie in einem offenen Land

schaft im Binnenlande Ohne für diese Zahlen streng wissenschaftlichen Wert zu beanspruchen möchte ich doch annehmen daß sie einen gewissen Anhaltspunkt geben

Tabelle I

Stunde	Luft — Meer								Schnee — Eis — Gletscher							
	9	10	11	12	1	2	3	4	9	10	11	12	1	2	3	4
Dez		7	6	5	6	7				8	9	9	9	8		
Jan	8	6	5	4	5	6	8		9	8	6	6	6	8	9	
Febr	6	4	4	3	4	4	6	8	8	6	5	4	5	6	8	9
Marz	4	4	3	2	3	4	4	5	6	5	4	4	4	5	6	7
April	3	2	1	1	1	2	3	4	4	4	3	3	3	4	4	5
Mai	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	3	4
Juni	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4

Stunde	Offene Landschaft								Glashalle — Stark erleuchtetes Zimmer							
	9	10	11	12	1	2	3	4	9	10	11	12	1	2	3	4
Dez		12	12	11	12	12				24	24	23	24	24		
Nov	13	12	11	10	12	12	13		25	24	23	22	23	24	25	
Okt	12	10	10	9	10	10	12	13	24	23	22	21	22	22	24	25
Sept	10	10	9	8	9	10	10	11	22	22	21	21	21	22	22	23
Aug	9	8	7	7	7	8	9	10	21	21	20	20	20	21	21	22
Juli	7	6	6	6	6	6	7	9	20	20	20	20	20	20	20	21
Juni	7	6	6	6	6	6	7	9	20	20	20	20	20	20	20	21

Die klimatischen Unterschiede können wo das Land flach und die Entfernung gering ist nicht groß sein. Insofern sie jedoch mit dem Licht klima in Berührung stehen sind sie nicht ohne Bedeutung. Die zur Verfügung stehenden Daten betreffen Temperatur Niederschlag Bewölkung und Sonnenschein

Sie sind den Arbeiten des königlichen Meteorologischen Instituts entnommen. Dazu kommen aber noch die meteorologischen Wahrnehmungen welche seit 1909 in *Scheveningen* in den höhern Luftschichten bis 3000 m Höhe und seit 1911 in *Soesterberg* bis auf 5000 m gemacht sind.

Schließlich hegen die Resultate der Untersuchungen über die Sonnenstrahlung in *Scheveningen* 1922—1924 vor

Temperatur Die Temperaturunterschiede nehmen von West nach Ost zu. Je östlicher desto strenger das Temperatorklima. Jedoch ist der maßgebende Einfluß der Kuste nicht so groß wie erwartet werden sollte. Noch im Mai und sogar im Juni kommen Frosttemperaturen an der Kuste vor während die Sommermaxima nicht unter denen im Osten bleiben. Augenfallige Vorteile in bezug auf die Temperatur hat die Kuste gegen über dem Inland des Reiches nicht.

Relative Feuchtigkeit In den fünf Monaten April August kommen etwas erheblichere Unterschiede vor. Der höchste Unterschied zwischen *Helder* (Kuste) und *Winterswyk* (Ostgrenze) kann bis 12% betragen.

Der absolute Wasserdampfgehalt hat größere Bedeutung weil er eine hervorragende Rolle spielt bei der Transmission der strahlenden Energie

der Sonne. Dafür soll aber auch der Wassergehalt der höheren Luftschicht bekannt sein. Die Zahlen von *Scheveningen* und *Soesterberg* geben einen günstigeren Zustand für die Küste ausgenommen in den Wintermonaten. Der größte Unterschied im Juli beträgt 10%.

Der Niederschlag Während des ganzen Jahres ist der Niederschlag an der südlichen Hälfte der Küste geringer als an der nördlichen und auch geringer als in der Mitte und im Osten des Landes. Die Station *Katwyk* welche in der Nähe des großen *Haarlemmermeer polders* liegt macht eine Ausnahme. *Katwyk* hat 100 mm mehr Niederschlag als *Scheveningen* obwohl die Entfernung nur 16 km beträgt.

Bewölkung Die mittlere Bewölkung ist ziemlich gleich. Die Zahl der hellen Tage ist jedoch an der Küste nicht unwesentlich größer und die Zahl der trübten Tage nicht unwesentlich geringer als im Inland.

(Kustenstationen 40 47 33 Mitte des Landes 29 Ostgrenze 44 helle Tage trübte Tage Küste 123 110 105 Inland 124—135)

Sonnenscheindauer Hier besteht ein kleiner Nachteil für die Küste was nicht mit den übrigen Ergebnissen übereinstimmt. Nach *Dorno* sind jedoch die Sonnenscheinautographen wenig zuverlässig. Wahrscheinlich sind also die betreffenden Zahlen nicht ganz genau.

Zum Schluß kommen wir zu den Untersuchungen über die relative Intensität der Sonnenstrahlung welche nach der Methode von *Moll* seit 1921 in *Scheveningen* gemacht worden sind.

Als ich damals mit dem Gedanken umging ob vielleicht das Licht an der Küste anders wie als im Inland wollte ein glücklicher Zufall daß mein Freund Dr. *W I H Moll* Leiter der Physik in Utrecht sich dem Problem der Strahlungsmessung mit besonderer Vorliebe gewidmet und für dergleichen Untersuchungen ein eigenes außerordentlich georgnetes Instrumentarium erfunden hatte. Er hat mit demselben auch schon die Sonnenstrahlung untersucht zwar unter besonderen Umständen nämlich bei Sonnenfinsternissen hatte er die Corona damit untersucht.

Ich hatte damals den Niederl. Verein für Thalassotherapie bereit gefunden diese Untersuchungen veranstalten zu lassen und dafür die nötigen Gelder zusammenzubringen. Es wurde von der Regierung eine Subvention bewilligt und verschiedene wissenschaftliche Vereine haben mitgeholfen.

Ich hatte die Frage so gestellt: Welche Eigenschaften sind dem Lichte an der Küste zu eigen und welche Unterschiede bestehen zwischen dem Lichte daselbst und in dem Binnenlande? Dafür mußten zwei vollständige Wahrnehmungsstationen eingerichtet werden eine in *Scheveningen* die andere in Utrecht. Leider war es nach kurzer Zeit *Moll* nicht mehr möglich die Untersuchungen selbst zu führen. Er wurde längere Zeit krank. Die Binnenlandstation wurde dann nach dem königlichen meteorologischen Institut in die Bilt unweit Utrecht verlegt.

Die Methode *Molls* ist kurz gesagt folgende:

In einem Messingrohr welches einem kleinen astronomischen Fernrohr ähnlich sieht ist eine geschwartzte Thermosäule von besonderer Beschaffenheit aufgestellt. Diese ist verbunden mit einem Galvanometer welches sehr empfindlich ist und außerdem eine fast ideale Dämpfung besitzt so daß es schon in 2 Sekunden die Peakstellung einnimmt. Mittels eines Spiegels welcher am Galvanometer befestigt ist wird ein Lichtstrahl auf einen sich drehenden Zylinder geworfen der mit lichtempfindlichem Papier überzogen ist. In dem Rohre ist eine Vorrichtung angebracht durch welche sechs verschiedene Lichtfilter vorgechaltet werden können. Die Filter sind auf einer drehbaren Scheibe montiert. Vorn befindet sich eine Klappe welche mit der Scheibe um dieselbe Achse drehbar ist. Wenn das Rohr auf den zu untersuchenden leuchtenden Gegenstand z. B. die Sonne gerichtet ist kann man mit der Klappe abwechselnd Licht zulassen oder abschließen und gleichzeitig nach Bedarf die Filter verschieben. Es wird

jedesmal 10 Sekunden exponiert und dann die Klappe wieder geschlossen. In dieser Weise werden die Ausschläge des Galvanometers bei jeder Exposition während 8 Sekunden auf dem lichtempfindlichen Papier aufgeschrieben. Die 6 Filter werden also in einer Minute hintereinander in Anspruch genommen. Dieselben lassen folgende Strahlungen durch:

Tabelle II

Filter	Wellenlänge der durchgelassenen Strahlen	Spektralgebiet
I	234—135 micron	ultrarot I (äußeres)
II	135—084	ultrarot II (inneres)
III	084—070 „	dunkelrot
IV	070—059 ,	rot orange
V	059—041	gelb grün blau violett
VI	041—025	dunkelviolett u ultrav

Weiter kann auch ohne Filter registriert werden. Auf diese Weise ist jetzt seit September 1921 in Scheveningen gearbeitet worden. In Utrecht und de Bilt sind bis jetzt nur zeitweise und mit Unterbrechungen Wahrnehmungen gemacht worden wegen der Krankheit des Urheber der Methode.

Es wäre verirrt, jetzt schon die Resultate dieser Untersuchungen festlegen zu wollen. Es wird noch viel statistisches Material gesammelt werden müssen, bevor die Normalwerte einwandfrei feststehen. Jetzt ist jedoch schon folgendes mit genügender Sicherheit zu sagen:

1. Die Zusammensetzung des Sonnenlichtes in Scheveningen ist nicht gleichmäßig.

2. Die Strahlungen kurzer Wellenlänge nehmen mit der Höhe des Sonnenstandes zu.

3. Daneben bestehen unregelmäßige Unterschiede, welche nicht vom Sonnenstand abhängig sind.

4. Die Unterschiede nehmen mit abnehmender Wellenlänge zu und sind also im ultra violetten am größten.

Es sind zu gleicher Zeit mit den Lichtwahrnehmungen Fernsichtschätzungen gemacht worden, so daß die Durchsichtigkeit der Atmosphäre immer mitberücksichtigt worden ist.

Von den anderen schon studierten Fragen nenne ich noch den Einfluß leichter Cirrusbewölkung. Eine andere schon festgestellte Tatsache ist, daß die Intensität der Sonnenstrahlung im Winter bedeutend größer ist als im Sommer bei gleicher Sonnenhöhe (20°).

Tabelle III

Verhältnis der Intensitäten in sechs Spektralgebieten in den 4 Jahreszeiten (Int. im Sommer = 100 bei Sonnenstand 20°)

	I	II	III	IV	V	VI
Winter	121	135	142	106	180	162
Lenz	110	110	121	101	151	152
Sommer	100	100	100	100	100	100
Herbst	116	126	121	141	129	112

Tabelle IV
Mittlere relative Intensität der Sonnenstrahlung in Scheveningen bei
20° Sonnenhöhe in Prozenten des Jahresmittels

	I	II	III	IV	V	VI
	Ultra Rot I	Ultra Rot II	Rot	Rot Orange	Gelb Grün Blau	Blau Ultra Violett
Januar	100	138	140	105	103	92
Februar	110	135	135	102	168	145
Marz	100	103	98	73	108	101
April	109	109	123	113	156	194
Mai	89	84	82	82	100	76
Juni	91	82	66	76	69	88
Juli	61	59	57	57	33	68
August	91	85	82	93	100	65
September	98	91	98	115	106	114
Oktober	101	97	107	152	126	118
November	125	129	118	154	146	84
Dezember	111	97	92	(66)	92	52
Jahr	100	100	100	100	100	100

Die Tabellen III und IV geben die relative Intensität der Strahlung wieder. Die erstere ist berechnet aus den Ergebnissen bis 1923, die zweite enthält noch die Wahrnehmungen über 1924.

Die eine ist berechnet mit der Intensität im Sommer = 100, die andere mit dem Jahresmittel = 100.

Es ist auch wichtig, zu vergleichen zwischen den verschiedenen Stationen, wo Sonnenscheinuntersuchungen gemacht worden sind.

Tabelle V
Relative Intensität der blau ultravioletten Strahlung in Prozenten des
Jahresmittels bis 20° Sonnenhöhe an 5 verschiedenen Orten

	Davos	Taunus	Agra (Tessin)	Kolberg	Scheveningen
Januar	155	135	121	94	92
Februar	103	108	107	94	145
Marz	84	77	77	98	101
April	69	84	117	106	194
Mai	46	79	74	100	76
Juni	42	94	72	87	88
Juli	57	71	58	75	68
August	84	87	84	81	65
September	107	92	115	104	114
Oktober	125	104	99	96	118
November	155	125	140	94	84
Dezember	175	135	132	94	52
Jahr	100	100	100	100	100

Dazu werden in Tabelle V die Zahlen aus der Publikation Dr. W. Hartmann's¹⁾ für 4 Stationen gesammelt, verglichen mit den Er-

¹⁾ Meteor Zeitschrift 1925 S. 244

gebnissen der Untersuchungen in *Scheveningen*. Es ist dabei zu bemerken, daß die Messungen mit verschiedenen Methoden gemacht worden sind, die absoluten Intensitäten also nicht vergleichbar sind.

Davos hat das Maximum im Dezember und das Minimum im Juni. Im Frühjahr nimmt die Strahlung sehr stark ab und ist während den Monaten Mai Juli etwa die Hälfte des Jahresmittels und etwas weniger als ein Drittel der Winterintensität.

Der *Taunus* hat auch ein Wintermaximum, welchem schon im März ein Minimum folgt. Ein sekundäres Maximum findet sich im Juni, ein sekundäres Minimum im Juli.

Der Verlauf in *Agra* hat viel Ähnlichkeit mit demselben im *Taunus*, aber die Gipfel liegen anders, und es ist ein zweites Maximum im Herbst, welches auch in *Kolberg* vorkommt.

Uebrigens ist in *Kolberg* die Kurve auffallend flach.

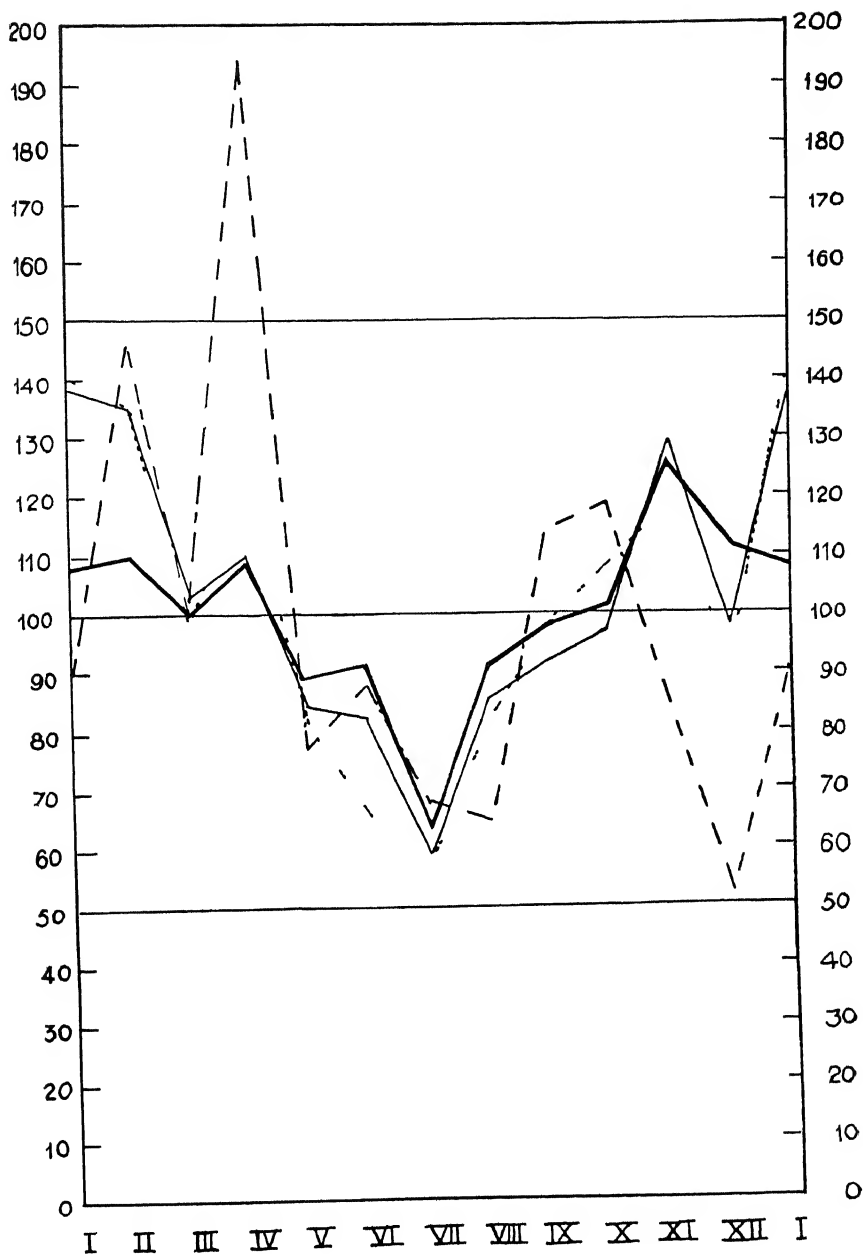
Scheveningen zeigt ein sehr hohes Maximum im April, sekundäre Gipfel im Februar und im Oktober. Vielleicht ist die Senkung im März nicht richtig und soll die Kurve Februar—April mehr gerade laufen. Die Wahrnehmungen im März sind nämlich nicht zahlreich genug gewesen. Jedenfalls ist eine große Intensität im Frühjahr vorhanden, gerade während der großen Senkung in *Davos*. Das Hauptminimum fällt in den August. Das zweite Minimum im Dezember ist unsicher, denn es ist aus einer ungenügenden Zahl Wahrnehmungen abgeleitet.

Die Untersuchungen mit dem *Moll*schen Apparat werden jetzt auch regelmäßig im Meteorologischen Institut *De Bilt* gemacht. Was da für Unterschiede zwischen Küste und Inland herauskommen werden, läßt sich augenblicklich noch nicht sagen.

Es sind noch viele Fragen zu beantworten. Die Hauptfrage ist wohl, wie sich die absoluten Intensitäten verhalten unter verschiedenen Bedingungen. Darüber liegen jetzt noch keine Ergebnisse vor. Wir hoffen jedoch, auch dieses schwierige Problem mit der Zeit zu lösen, aber wir haben erst die ersten Schritte des langen Weges gemacht.

Hoffentlich werden die Physiker und Meteorologen, welche auch für die Medizin zu arbeiten bereit sind, für uns Aerzte die Grundlagen legen, auf welchen wir das Gebäude einer wissenschaftlichen medizinischen Klimatik aufbauen können.

Alle Wahrnehmungen in *Scheveningen* sind von Herrn Meteorologen *Ch. A. C. Nell* gemacht und von ihm statistisch ausgearbeitet worden.



Ultrarot (inneres) —————
 Ultrarot (aueseres) —————
 Rot - - - - -
 Blau Ultraviol - - - - -

Fig I

Mittlere monatliche Relativwerte in Prozenten des Jahresmittels der Ultra
 violett Strahlung in Davos Agra (Tessin) und Kolberg sowie der Blau
 Ultraviol auf dem Taunusobservatorium und in Scheveningen bei 20°
 Sonnenhöhe (Taunus 17°) nach Dr W Hartmann in Met Z 1925 S 244
 (für Scheveningen nach Wahrnehmung von Chr A C Nell)

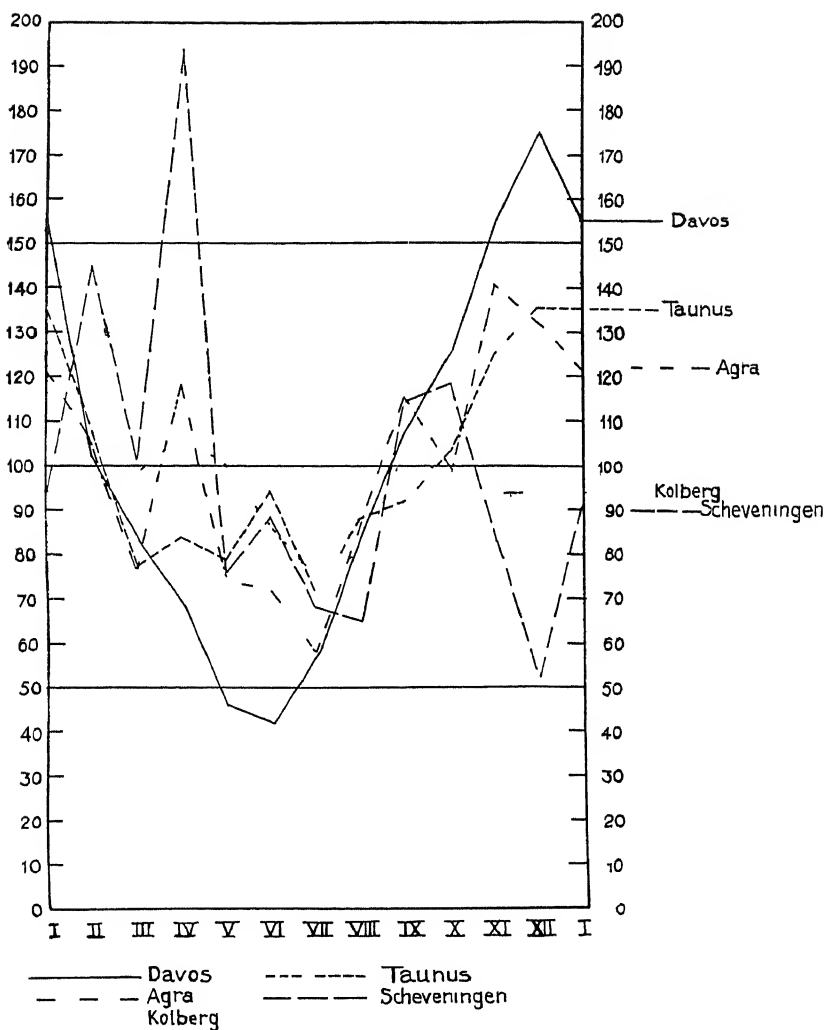


Fig II

Mittlere monatliche Relativwerte der ultraroten (inn und auß) roten und ultraviol Sonnenstrahlung in Scheveningen bei 20° Sonnenhöhe nach Messungen von September 1921 bis Dezember 1924

Klimatologie und Klimato-Physiologie des Mittelgebirges

Von Dr *M van Oordt* Buhlerhohe

Klimatographien auf der Grundlage der klimatischen Sonderstellungen, Hohenklima, Niederklima, Seeklima, Kontinentalklima u. a. leiden häufig unter dem Fehler, daß sie nämlich mehr oder weniger allgemein biologisch oder sogar nur anthropobiologisch gedacht aber meteorologisch beschrieben werden. Das trifft auch noch zu, wenn wir sie in Unterabteilungen auflösen, wobei die Luftbewegung, Temperatureigenheiten und die Luftfeuchtigkeit bestimmend werden. In ganz besonderem Maß hat diese Meinung für das Mittelgebirgsklima Geltung. Die Grenzen werden willkürlich gesteckt nach — ich möchte sagen — mitteleuropäischen orographischen und anthropobiologischen Gesichtspunkten. Die geographische Breitenlage, die Ozeanität oder Kontinentalität müssen zwar von vornherein sein Bild beeinflussen, aber wo liegen die Höhengrenzen? Eigentlich kennen wir nur *ein* sich einigermaßen deutlich abhebendes Hohenklima, das Hochgebirgsklima der Alpen, der Pyrenäen usw., alles andere in seiner unendlichen Vielgestaltigkeit ist Mittelgebirge oder Hügelland der Niederung, tiefere, mittlere und höhere Ebenen und Plateausenkungen, Horste, breitere hochgelegene Täler und die Grund- oder Mittelstöcke der Alpengebirge selbst. Die gemeinsamen Charakteristika dieser Gruppe sind die jeweils berechnbare mittlere Erniedrigung des barometrischen Druckes und die mittlere Erhöhung der Strahlungsintensität, während alle anderen klimatischen Schattierungen, die dem Bild des Mittelgebirges seine Eigenfarbe geben, recht lebhaft Unterschiede zeigen können. So scheint es mir kaum möglich, ein befriedigendes Bild des Mittelgebirgsklimas zu zeichnen, wenn man nicht sehr enge Grenzen stecken darf, geographisch zusammenfassend die nördlich der Alpen in Zentraleuropa gelegenen Gebirge und zentralen Massive mittlerer Höhe, also unter Ausschaltung der großen Hochebenen, des tiefer gelegenen Alpenvorlandes und der mittleren Höhenlagen alpiner Gebirge selbst, soweit sie in Mittelgebirgshöhe liegen. Man kommt dann zum vertikalen Ausschnitt von 400—1200 m u. M., wobei die prägnantesten Klima

tischen Erscheinungen sich in der mittleren Höhe von 600—900 m abspielen. Tiefere Lagen neigen manchmal mehr zur Ebene, höhere erhalten oft direkt schon Hochgebirgscharakter, alle in bunter Abhängigkeit von der Exposition zu den Luftströmungen, von der orographischen Umgebung innerhalb der eigenen Formation, von benachbarten Hochgebirgen aber auch hinsichtlich des ganzen Aufbaues des Gebirgsstockes, der Gesteinsarten und der Vegetationsdecke. Mit dieser Erkenntnis begeben wir uns der Auffassung, daß im Klima des Mittelgebirges die meteorologischen Faktoren der Höhe einerseits der Ozeanität oder Kontinentalität andererseits verhältnismäßig rein zu Geltung kommen. Das Luftmeer über dem Mittelgebirge wird in Zentraleuropa eben schon stark beeinflusst durch den Kontakt mit der tief gefurchten, gerade die untersten Wolkenschichten durchdringenden Erdkruste und das häufige Hineinragen in Inversionsschichten der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. *Schultherß* weist einmal darauf hin, wie in einem Mittelgebirge, dem Schwarzwald, so starke Gegensätze in derselben Höhe fast unmittelbar nebeneinander lagern können, daß nahezu seeklimaartig anmutende Hangklimate gegen Südwesten und fast sibirische Jahrestemperaturextreme von über 60° C aufweisende Klimabezirke in leeseitigen Hochplateaus und Mulden sich berühren. Die meteorologisch so stark modifizierende Zerrissenheit eines Gebirgslandes wird nun in etwas ausgeglichen durch eine alles umfassende Vegetationsdecke, welche die Einstrahlungs- und Ausstrahlungsbedingungen des Bodens einem mittleren Niveau nähert. Ich mochte deshalb die Eigenart eines Mittelgebirges, eine starke Vegetationsdecke zu tragen, als sehr bestimmend erachten für ein Klima, das anthropobiologischen oder auch therapeutischen Zielen zu dienen berufen ist und infolgedessen der Klimaschilderung *das vegetationsreiche Mittelgebirge* wie wir es etwa im Harz oder im Schwarzwald vor uns haben, zu Grunde legen.

Die *Vegetation* vorwiegend starker und gleichmäßiger Nadelholzbestand, der in diesen Gebirgen ausgedehnte Gebiete bedeckt, wirkt auf den örtlichen täglichen Temperaturgang ebnend ein, trägt auch zum Ausgleich von Tal- und Bergwinden bei, mildert die wegen des verschieden intensiven Ablaufs der Einstrahlung und Ausstrahlung thermisch bedingten lokalen Luftströmungen durch vorübergehende Warmaufspeicherung, durch Barriärenbildung oder auch Mischung von differenttemperierten und durchfeuchteten Luftmassen gegen talabwärts gleitende Bodennebel und dergleichen. Ein starker Windfall zum Beispiel, der durch eine Zyklonenstraße in einem dichten 20—25 m hohen Hochwaldbestande entstanden ist, kann die örtlichen klimatischen Verhältnisse hinsichtlich Windbewegung, Nebelbildung, Wolkenzug, Schneetreiben und Schneedecke beträchtlich beeinflussen.

Das klimatische Bild eines unserer eigenartigsten und vielseitigsten Mittelgebirge, des Schwarzwaldes, ist beherrscht von der Nähe der Alpen, dem Gebiet lang dauernder besonders herbstlicher und

winterlicher Hochdruckperioden. Er verdankt ihnen die relative Größe der Sonnenscheindauer und die hohe Zahl von Inversionsperioden der Temperatur, ebenfalls in der kalten Jahreszeit. Während der Einfluß des Ozeans sich in der langen luvwärts gelegenen Westflanke des Schwarzwaldes nicht starker bemerkbar macht als in den andern Mittelgebirgen Zentral- und Westeuropas, verursacht das 800—1000 m tiefer liegende 30—50 km breite Rheintal eine bedeutende Verstärkung dieser Ozeanität durch die Konvektion und den Auftrieb warmfeuchter Luftmassen, die in der allgemeinen westlichen Windrichtung gelegen, der Luvseite dieses Gebirges höhere Warmegrade und auch beträchtlichere Feuchtigkeit zuführen, als sonst seiner bereits stark kontinentalen Lage und der nur mittlern Höhe entsprechen würde. Es kommt dies u. a. in der geringen Größe der Temperaturgradienten zum Ausdruck, aus welchen *W. Peppeler* die Abweichungen der Temperaturen des Schwarzwaldes von den berechneten idealen Temperaturen der freien Atmosphäre abgeleitet hat. Im ganzen Jahre und in den einzelnen Jahreszeiten sind diese Abweichungen im Schwarzwald positiv mit Ausnahme der leewards gelegenen Mulden, Hochtaler und Plateaus. Nur die Morgentemperaturen des Herbstes, Winters und Frühlings führen da, wo nächtliche Ausstrahlung zur Ausbildung kalter Luftschichten in Bodennahe führt, zu geringfügigen negativen Abweichungen. Die ganze Luvseite des Schwarzwaldes und noch die zentralen Höhen und die Hinglagen nehmen an dieser beträchtlichen klimatischen Vergünstigung teil.

Ebenso zeigen die *taglichen Temperaturschwankungen* auf der Luvseite des Gebirges recht geringe Grade 3,2 bis 4°, während die zentralen Hochtaler und leeseitig gelegenen Plateaumulden in den taglichen Temperaturänderungen sogar die Ebene noch übertreffen. Auch in den südwestlich gelegenen Teilen des Nördl. Gebirges, der Rauhen Alb finden sich noch Andeutungen dieser Temperaturvergrößerung, indem dieses 800—900 m hoch und frei gelegene Plateau mit enormer Ausstrahlung immer noch das normale jährliche Temperaturmittel hat, das der Höhe entspricht und eine Warmeschwankung, die im Jahresmittel nicht die Größe wie im Rheintal erreicht.

Die größere Neigung zum Wärmeausgleich im Mittelgebirge zeigt sich auch in der *Jahresschwankung* der Temperatur. Während die Rheinebene über 18°, die östlichen Plateaumulden sogar 19° C in der mittleren Jahresschwankung aufweisen, liegen die Jahresschwankungen der Luvseite und der Höhen der Gebirge bei 16—17° C und selbst auf der Rauhen Alb sind die mittleren Extreme nur 17,5° C voneinander entfernt.

Der *jahreszeitliche Warmegang* zeigt für das Mittelgebirge eine klimatisch günstige Temperaturverschiebung gegen den Herbst hin. Besonders die hohen Lagen haben von dieser Temperaturerhöhung Vorteil. Die positive Differenz im Herbst beträgt in der Höhenlage von 800—1000 m fast 1,5° C. Der Oktober ist um 2° war-

mer als der April, selbst in der Rauhen Alb noch 1°, d. h. ebenso wie an den tiefern Schwarzwaldabhängen. In der Rheinebene hingegen sind Frühjahr und Herbst gleich warm. Auch in dieser Hinsicht nähert sich das Temperaturklima des Mittelgebirges also demjenigen der See und auch des Bodensees, dessen Herbsttemperaturen etwa 1° über den Frühjahrs temperaturen liegen.

Die mittleren *interdiurnen* Änderungen der Tagestemperaturen liegen fast im ganzen Gebirge unter 2° C, in der Rheinebene schon bis 2,8°. Empfindlichere Temperatursprünge von 6° C und darüber sind im Mittelgebirge noch maßvoll und insbesondere zeichnen sich Sommer und Herbst der Mittelgebirge durch die Seltenheit größerer negativer Temperaturschwankungen aus.

Die *Hitzetage* zeigen im ganzen Mittelgebirge einen erheblichen Rückgang, in den kontinentaler gelegenen Gebirgen wie Rauhe Alb, Riesengebirge ist ihre Zahl etwas größer als in den westlicher gelegenen Gebirgen.

Nimmt man für das deutsche Tiefland eine mittlere Zahl von 40 Hitzetagen im Jahre und läßt 15 Hitzetage im Jahre als ertraglich gelten, so liegt diese Zahl in den verschiedenen Mittelgebirgen wie folgt:

Im Riesengebirge	bei 600 m Höhe
Im Harz	470
In der Rohn	525
Im Thüringerwald	560
In den Vogesen	980
Auf der Schwab. Alb	820
Im Schwarzwald	750

Tropentage kommen im Mittelgebirge in der Höhenlage von 600 m an nur noch selten vor und nehmen mit zunehmender Höhe dann überaus rasch ab.

Die Anzahl der *Frosttage* in den deutschen Mittelgebirgen, noch mehr der *Eistage* ist auch in denselben Höhen recht verschieden. Unter Voraussetzung der gleichen Höhenlage haben Harz, Vogesen und Schwarzwald die geringste Anzahl von Frosttagen, an der Spitze steht das Riesengebirge, an der Schwelle die Luvseite des Schwarzwaldes. Je kontinentaler das Gebirge, desto mehr Frosttage treten auf. Hier steht schon die Rauhe Alb ungefähr dem Riesengebirge und Thüringerwalde gleich, aber die tiefern Temperaturen und die größere Anzahl der Eistage hat doch der Norden voraus. Während die Höhenlage von etwa 900 m in dem eben genannten Gebirge zwischen 70 und 100 Eistagen hat, kommt der Schwarzwald im Mittel nicht mehr über 40, die Rauhe Alb nur auf 51 Eistage. Besonderheiten der Lage, d. h. nicht die Höhe, sondern die *Plateaumulde* bedingen nun auch im Schwarzwald rauhe Gegenden wie die Baar, auf der in keinem Monatsmittel maximale Temperaturschwankungen von 20° C fehlen, wo diese im Herbst und Frühjahr sogar 25° erreichen, Jahresspannungen von 60° C vorkommen und die extreme Spannung seit 1869 sogar 65° C beträgt. Es ergibt sich also im Mittelgebirge ein großer Unterschied der Temperatur zwischen Luv und Lee,

zwischen sudexponierten oder luvseitig gelegenen Hangen gegenüber den Talern des Zentrums. Im gleichen Gebirge sind da kontinentale und maritime örtliche Klimate oft in gleicher Höhenlage allereinst nebeneinander gelagert und deshalb hat die Bestimmung der Abkühlungsgröße, die wir gerne für die medizinische Klimographie als Maßstab des Reizes einbürgern mochten, eine große, allerdings wesentlich lokalklimatische Bedeutung auch im Mittelgebirge. Feststellungen darüber sind in St. Blasien durch *F. Baur* und, wie ich höre, durch *Gautier* in Herrenalb gemacht.

Masse und Verteilung der Niederschläge folgen selbstverständlich auch in den Mittelgebirgen dem allgemein gültigen Grundgesetz, daß mit zunehmender Höhe die Niederschlagsmenge zunimmt, aber neben der Bezugnahme auf die Isohypsen kommt der gewaltige Unterschied zwischen Luv und Leeseite, die Anordnung der Täler zur regenbringenden Windrichtung, die Bewaldung und überhaupt eine Unzahl orographischer Besonderheiten in Betracht, wenn durch solche auch die Gesamtmenge der Niederschläge nicht so sehr beeinflusst wird als die Anzahl und Dauer der Regenfälle, die aus Gründen der anthropologischen und wirtschaftlichen Klimabeschreibung Bedeutung gewinnen.

Im großen ganzen zeigt sich zwar, daß in den verschiedensten deutschen Mittelgebirgen — ich habe alle größeren Gebirge berücksichtigt — die Unterschiede zwischen den Gesamtzahlen der Niederschlagstage in den einzelnen Gebirgsorten geringer sind als diejenigen zwischen ihnen und den vorgelagerten oder luv- und leeseitigen Tiefebene. Wenn man aber die jahreszeitliche Verteilung berücksichtigt, so springen doch beträchtliche Unterschiede heraus. So hat zum Beispiel der südliche Schwarzwald und noch mehr das Voralpengelände im Herbst und Winter bedeutend weniger Niederschlagstage als in den andern Jahreszeiten. Im Riesengebirge ist nur der Herbst etwas regenärmer usw. In den andern deutschen Mittelgebirgen ist der jahreszeitliche Unterschied nicht so groß. Auch im mittlern Schwarzwald tritt er weniger in Erscheinung. Im nördlichen Schwarzwald hat der Herbst wieder eine Vorzugsstellung. Die diesbezüglichen Feststellungen sind leider alle noch recht ungenau, so uberaus wünschenswert sie waren.

Nicht gleichen Schritt mit der Anzahl der Regenfälle und Niederschlagstage hält die Menge der Niederschläge. Zwar liegt das Maximum zum Beispiel im ganzen Odenwald und im Schwarzwald im Sommer, das Minimum im Winter, aber es decken sich die Prozente der Niederschlagsmengen im jahreszeitlichen Gang keineswegs mit der prozentuellen Anzahl von Regentagen im gleichen Gebirge und noch verschiedener ist das Verhältnis der tatsächlichen Niederschlagsmengen zu der Gesamtzahl der Niederschlagstage. So fallen zum Beispiel im Winter des südlichen Schwarzwalds in Badenweiler (450 m) an 39 Niederschlagstagen 158 mm, meist als Regen, in St. Blasien (780 m) an der gleichen Anzahl von Niederschlagstagen 436 mm, also fast das Dreifache, meist als Schnee und auf der leeseitigen Hochfläche der Baar wiederum an ebensoviel Regentagen nur noch 133 mm. Auch starker ansteigende Massive lenken im selben Gebirge von relativ hoch liegenden breiten Pässen die Regensmengen ab und andererseits erhalten auch tiefer gelegene enge Täler in den Zentren der größeren Massive viel mehr Niederschläge als der Höhenlage allein entsprechen würde. *W. Peppeler* hat in einer lesenswerten Niederschlagsstudie über Baden alle diese Kombinationen die zunächst

fast unbegreiflich erscheinen auf ihre Ursachen geprüft. Dabei ist der klimatische Endeffekt soweit die biologische Klimatologie in Betracht kommt trotz dieser Verschiedenheiten gar nicht so beträchtlich verschieden, so daß also z. B. der Freiluftaufenthalt oder Bewegung im Freien in Gegenden starker Niederschläge nicht mehr gehemmt ist als in anderen, sei es daß viele Niederschläge als Schnee zu Boden gehen und eine feste Schneedecke bilden oder der Regen rasch abläuft oder durch porösen Boden aufgesaugt wird. Die praktische Klimatologie wird hier wieder durch ökonomische Beschaffenheiten und Bedürfnisse des Menschen tiefgehend beeinflusst.

Von allergrößter klimatischer Bedeutung ist natürlich die Dauer der *Schneedecke* im Mittelgebirge. Sie ist in allen deutschen Mittelgebirgen in der Höhe von 800—1000 m beträchtlich, in den östlichen Gebirgen schon im *Vorwinter* (Dezember), in den mehr südlich und westlich gelegenen besonders im *Nachwinter* auffallend. Ist da der Schneereichtum im März und in der Höhenlage der mittlern Rauhfleischzone etwa um 900 m herum. Ein Nachteil des Mittelgebirges gegenüber dem Hochgebirge liegt indessen in der überaus großen Veränderlichkeit der Schneedecke von Jahr zu Jahr. Erst mit den alpinen Höhen werden die Schneeverhältnisse stabiler. Die klimatische Bedeutung der festen Schneedecke erblicken wir in der Verstärkung der Strahlungswirkung bei klarem Himmel durch Reflex, der Erzeugung von Windstille und in der Vergrößerung der Luftreinheit, auf alle praktischen Folgen brauche ich hier nicht einzugehen.

Im Verband mit den Niederschlägen ist der *Nebelhäufigkeit* zu gedenken. Die Abhänge der Mittelgebirge nach großen Niederungen zu werden häufig noch von den dortigen Strahlungsnebeln der kalten Jahreszeit getroffen, die Gipfel und Mulden sind zu allen Jahreszeiten nebelreicher, indem Nebel teils als Stagnations- und Kaltenebel bei hohem Barometerstand und Windstille während des Winters in Mulden, Tieftälern, flachen Hochtälern und auf Plateaus vorkommen, an den Gipfeln anderseits die Kondensationen intensiver sind, daß ferner die mittlern Gebirgslagen und höhern zentralen Täler ausnahmslos nebelarm oder fast nebelfrei sind. Den Verhältnissen im Schwarzwald (nach Hanglagen der Luvseite zentralen Tälern, Kammstationen und leeseitiger Abdachung) ähneln die Nebelverhältnisse in den andern Mittelgebirgen. Ihre Nebelhäufigkeit ist jedoch mit Ausnahme des Riesengebirges durchaus größer als im Schwarzwald. Zwischen dem Schwarzwald und dem, feuchten Luftströmungen reichlich ausgesetzten Harz halten die andern Gebirge, je nach der mehr oder weniger kontinentalen Lage und je nach der Exposition zur Windrichtung die Mitte.

Die klimatische Bedeutung des Nebels wird nun außerdem oft zu einer rein örtlichen Angelegenheit. Es gibt da Örtlichkeiten wo bei Abkühlung fast nach jedem Regenfall nach jedem Gewitter an jedem klaren Winterabend und auch an klaren Sommerabenden bei starker Ausstrahlung Nebel entstehen oder hinkommen als Stagnationsnebel als Wolkenbildung als Zugnebel. Nebelarm sind wie bereits erwähnt manche zentral gelegene Hochtäler soweit guter Luftabschluß vorhanden ist wobei es vielleicht noch zur Ausbildung von Bodennebeln in dünner

Schicht kommt aber auch eine Wolkendecke durch den Auftrieb warmer Talluft nicht zur Senkung kommt. Solche nebelarmen Täler können trotz dem sehr niederschlags- und schneereich sein.

Auf diese Weise sind wohl allgemein im Mittelgebirge mehr Nebeltage zu verzeichnen als in der Tiefebene, aber schon die Tatsache, daß die Gebirgsnebel meistens Wolkennebel, also reiner, an organisierten Nebelkernen armer Wasserdampf sind und selbst die Kaltestrahlungsnebel auf staubfreiem Gelände entstehen, während Tieflandsnebel größtenteils keim- und stauberfüllte dichte Strahlungsnebel sind, macht die Gebirgsnebel weniger zu einer Trübung des klimatischen Bildes geeignet. Dann ist auch der Herbst des Mittelgebirges dem Tiefland gegenüber relativ nebelarm und selbst der Gebirgswinter hat weniger Nebel als jenes.

Wenn in den leeresichtigen strahlungskalten Plateaus und Muldenlagen nicht so viel Nebeltage gezählt werden als man erwarten zu dürfen glaubt, so hängt dies mit der gemeinhin dort großen Lufttrockenheit und mit der Wollendecke über diesen Gebirgstälern zusammen. Aber die dort auftretenden Nebel sind dafür wieder zum großen Teil Strahlungsnebel und als solche kalt, dicht, langdauernd und anthropobiologisch unangenehm.

Die *Luftfeuchtigkeit* des Mittelgebirges ist relativ hoch, an der Luvseite, welche in der mitteleuropäischen Klimazone von der westnordwestlichen und der westsüdlichen Seite der Gebirge gebildet wird, absolut etwas größer als auf den anderen Gebirgsseiten. Entsprechend der Höhenlage ist der Dampfdruck jedoch oft geringer als in der Ebene und durchschnittlich geringer als an der Seeküste. Die Verdunstung wird also im Gebirge gewöhnlich leicht vor sich gehen können. Die Entwässerung bereitet bei höherer, die Warmeretention bei tieferer Temperaturlage geringere Schwierigkeiten als in der Niederung und die Wärmeregulierung geht leichter vonstatten. Der Tagesgang der relativen Feuchtigkeit ist weniger durch die Gebirgslage als solche bestimmt, sondern ist von der Besonnung und der Größe der möglichen Evaporation der Umgebung abhängig. Während im Sommer des Mittelgebirges die Dampfsättigung in den warmen Mittagsstunden fast regelmäßig sinkt und nach längeren, durch östliche Winde bedingten Trockenperioden auch die Dampfspannung erheblich sinken kann, pflegt im *schneebedeckten* hohen Mittelgebirge an klaren Wintertagen, etwa von 700—800 m an, die winterlich geringe Dampfspannung infolge des starken verdunstenden Schnees, trotz Sinkens der relativen Feuchtigkeit über Mittag jedoch zuzunehmen. Der Grad dieser Schwankungen ist bei der Tiefe der winterlichen Lufttemperatur jedoch mäßig und bei mittlern Witterungslagen erfahren Dampfspannung und Feuchtigkeitsgehalt längst keine so großen Verschiebungen wie in der Niederung. Das Verhalten der relativen Feuchtigkeit ist also extremen Schwankungen selten unterworfen, *es nähert sich in seinem Charakter dem des Seeklimas* im Gegensatz zu dem Feuchtigkeitscharakter alpiner Hochtäler.

Dabei kommt es nun aber auch im Mittelgebirge gelegentlich zu langer dauernder größerer *Lufttrockenheit* und zwar besonders im Winter, zunächst infolge der zeitweilig geringen thermischen Konvektion bei ausgebildeter Schneedecke, dann aber auch, und das besonders in den südlichen Mittelgebirgen wie dem Schwarzwald und der Rauhen Alb, infolge ihrer Nähe zu dem Hochdruckgebiet der Alpen durch dynamische Erwärmung und relative Austrocknung herabsinkender oder gleitender Luftmassen. Diese Erscheinung trockener klarer Luft, die mit oft beträchtlicher *thermischer Inversion* verbunden ist, kommt im südlichen Schwarzwald häufiger als im mittleren, in diesem häufiger als im nördlichen vor.

Die *Luftbewegung* ist an und für sich in der Höhe eine stärkere, aber ein einheitlicher Einfluß derselben auf das gesamte Klima und gar auf die einzelnen klimatischen Stationen des Mittelgebirges kommt infolge der mehr oder weniger geschützten Lagen nicht zu stande.

Schon die Tatsache, daß die Siedelungen, insbesondere klimatische Kurstationen, sich vorwiegend in den durch Berge oder Wälder geschützten Talern und an Talhängen oder Abdachungen des Gebirges entwickelt haben, zeigt uns, daß Orte mit stärkerer Luftströmung wo also plötzliche Abkühlungen eintreten, im Mittelgebirge unerwünscht sind. Wenn dies vor allem für den Winter der hohen Stationen verlangt wird, so hat es doch auch für den Sommer eine Berechtigung.

Nicht nur werden aus den Niederungen kommende aufsteigende Winde mit ihrer Einwirkung auf die Temperaturlage von den geschützten Talern abgehalten sondern auch in kühleren Regenperioden mit westlichen und nordwestlichen Winden macht sich die Abkühlung und die Kondensation des Wasserdampfes für den klimatischen Kurort in solchen Orten weniger bemerkbar.

Es sind also Hang- und Talstationen mit Schutz gegen die Hauptwindrichtungen im Vorteil. Eine Luftdrainage entsteht trotz dem regelmäßig durch die an sonnigen Tagen des Sommers morgens und abends infolge der ungleichmäßigen Erwärmung entstehenden sanften Talwinde und Bergwinde. Sie machen sich gerade während der heißen Jahreszeit in allen ausgesprochenen Talern des Mittelgebirges noch in angenehmster Weise fühlbar, um während des Winters bei den gleichmäßigen Ein- und Ausstrahlungsbedingungen des schneebedeckten Bodens gerade in den hohen, der Winterkur dienenden Mittelgebirgslagen erfreulicherweise auszubleiben.

Ich komme nun zu den *Sonnenscheinverhältnissen* des Mittelgebirges, um dabei etwas länger verweilen zu dürfen und von ihnen ausgehend dann den Übergang zu den klimatophysiologischen Auswirkungen zu finden.

Es bedarf keiner Worte über die physikalischen Bedingungen besonderer Art für die Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung im Mittelgebirge, nachdem gerade von den Forschungsstätten des Davoser

Hochtales aus die Grundlagen bis ins Kleine hinein so außerordentlich erweitert und präzisiert worden sind

Die *Sonnenscheindauer* ist einigermaßen befriedigend für mehrere Mittelgebirge klargelegt, aber die Bedeutung der Gesamtstrahlung ist noch keineswegs ausreichend hinsichtlich solarer Wärmestrahlung, Helligkeitsstrahlung, Ultraviolettstrahlung und des Anteils der Wolken und Himmelsstrahlung für weitere Teile des Mittelgebirges von etwa 800—1000 m Höhe festgestellt. Es liegen noch nicht genügend lange Beobachtungsperioden vor, um das tatsächliche klimatische Maß der Strahlung im Mittelgebirge zu erkennen. Jede einzelne der genannten Strahlungskomponenten ist im Mittelgebirge von vielseitigen klimatischen und geographischen Eigenarten beeinflusst, von der jeweiligen Höhe über See, der Sonnenhöhe, den Horizontbeschränkungen, von Wolken, Nebel, Dunstschichten der Atmosphäre, der mittlern Höhe der untern Stratusschicht u. w.

Die südlichen Mittelgebirge nun haben im Mittel längere Sonnenscheindauer als die nördlichen, auch die Zahl der Tage ohne Sonnenschein ist in ihnen nicht unerheblich geringer als in den nördlichen. In den südlichen Mittelgebirgen ist der Sonnenschein gleich oder größer als in dem umgebenden Tiefland, in den nördlichen ist das weniger der Fall. Die Differenz zugunsten der Gebirgslagen ist *allemaal im Winter* während das Sommerhalbjahr für beide Klimabezirke selten ganz gleiche Verhältnisse schafft, sondern meist die Bedingungen für die Ebene günstiger liegen. Besonders wichtig ist das im Winter, wo z. B. in den vier Monaten November bis Februar die deutschen Sonnenscheinmeßstationen der größeren süddeutschen Mittelgebirge gegenüber den deutschen Großstädten des Tieflandes mit *80 bis 130 Stunden im Vorteil* sind. Greift man einen Winter heraus, z. B. 1919/20 und vergleicht im klimatischen Hochwinter Dezember bis Februar die Mittelzahlen von 12 deutschen Großstädten in der mittlern Höhe von 100 m mit den Mittelzahlen von 6 deutschen Gebirgskurorten der subalpinen Lage von 700 bis 1000 m, so finden wir für den Sprung von der Großstadt nach dem Mittelgebirge 84 Stunden und für jede weitere 500 m starke Höhenzone eine mittlere Erhöhung der Sonnenscheindauer um je 50 Stunden während 3 Monaten, also am Tag um rund 1, 1½ bzw. 2 Stunden gegenüber der Tiefe. In der für Freiluftkuren wichtigsten Tageszeit von 10 Uhr morgens bis 3 Uhr nachmittags während des Winterhalbjahres ist die Sonnenscheindauer der Mittelgebirgsmessstationen fast genau die gleiche. Sie pendelt z. B. in 5 Höhenorten des Schwarzwaldes zwischen 222 und 235 Stunden und beträgt im Mittel 228 Stunden. Noch mehr sich gleichende Sonnenscheinverhältnisse ergeben sich bei Ausrechnung des Sonnenscheines in der für Freiluftaufenthalt geschätztesten Tageszeit von 11—1 Uhr, wo jeder dieser 5 Höhenorte im Winterhalbjahr genau 120 Stunden Sonnenschein und in jedem 3. Tag volle Sonne genießt.

Nicht ganz parallel mit der Sonnenscheindauer bewegen sich die Mengen der *tatsächlich niedergestrahnten solaren Warmemengen* da hier die Absorption durch Dunstschichten hoch über südlich oder westlich vorgelagerten Ebenen verkleinernd hinzutreten kann. Wenn erst größere Jahresreihen von mit Registriervorrichtungen gemessenen Intensitäten und auch Maße der Himmels- und Reflexstrahlung vorliegen, werden sich wahrscheinlich auch für das Mittelgebirge schon beträchtlichere Summen herausstellen als für die entsprechenden Tieflandslagen, oder vielmehr die aus der Intensitätsgröße bei klarer Sonne unter Berücksichtigung der Sonnenscheindauer oder der Bewölkungsgröße abgeleiteten Strahlungssummen werden sich für das Tiefland gegenüber dem Mittelgebirge verkleinern. Auch im Mittelgebirge selbst dürfte sich, nach der Höhe nicht nur, sondern auch nach der Dicke der Dunstschichten, der Nebelhäufigkeit usw., eine lokalklimatisch immer noch beträchtliche praktische Verschiedenheit der kalorischen Einstrahlungsenergien herausstellen, so wie etwa jetzt schon aus dem Vergleich zwischen St. Blasien und dem Feldberg 1 Taunus entnommen werden kann. Beide Orte liegen etwa in derselben Seehöhe von zirka 800 m.

Gleichzeitige Messungen der badischen Landeswetterwaite in Karlsruhe (110 m) und auf dem Feldberg 1 Schw. (1250 m), welche mit dem langjährigen Bewölkungsmittel zu mittleren tatsächlichen Einstrahlungsmengen verrechnet werden, ergeben für das Mittelgebirge den Hochgebirgswerten außerordentlich nahekommende Mengen, die weit über denen der Rheinebene stehen.

Auch die auf Luvseite in 800 m Höhe auf der Bühlerhöhe gefundenen Werte stehen den Feldbergsmessungen nahe konnten aber wegen größerer Lucken bis jetzt keine Verwendung finden.

Noch größer sind die Differenzen zwischen Gebirge und Rheinebene bei Berücksichtigung der Intensitäten bei wolkenlosem Himmel.

Grammkalorien pro cm horizontal

	Seehöhe	Jan	Febr	März	April	Mal	Juni
Taunus Observat. Mittelgebirge	820	24	58	90	183	294	287
St. Blasien (Dr. F. Baur)	795	48	93	135	244	263	280
Feldberg 1 Schwarzwald Observat.	1250	40	80	135	210	320	335
	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
Taunus Observat. Mittelgebirge	238	220	159	94	26	12	51,400
St. Blasien (Dr. F. Baur)	297	311	204	120	50	30	62,626
Feldberg 1 Schwarzwald	355	320	210	125	60	25	75,000
					Karlsruhe		54,450
					Davos		78,000

Hinsichtlich der *Ultraviolettstrahlung* werden sich ähnliche örtliche Verschiebungen im Mittelgebirge bemerkbar machen. Ich kann aus dem Mittelgebirge nur die von *Franz Baur* veröffentlichten Summenreihen in Zinkkugelphotometermaß Intensitäten anführen, Zahlen, die sich wohl ebenfalls nach der Lage der Örtlichkeit an

dern werden, vielleicht auch in dieser Maßeinheit nicht direkt mit den in Davos oder andernorts gemessenen Werten verglichen werden dürfen

Grammkalorien pro cm horizontal

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Davos 1909/10	13 2	20 0	32 9	52 2	105 2	131 0	131 8
St Blasien 1919/20	11 6	18 6	29 0	49 1	100 8	125 7	125 8
	VIII	IX	X	XI	XII		
Davos	116 0	98 2	90 0	30 2	16 1		
St Blasien	109 5	92 1	83 6	26 7	10 8		

Auch für das Mittelgebirge gilt aber wohl jetzt schon der Satz, daß das Maximum der ultravioletten Strahlungssummen im Sommer, das Minimum am Ende Dezember auftritt und daß, verrechnet auf gleiche Sonnenhöhe die Ultraviolettwerte der Herbstsonne am größten sind

Ueber die ultravioletten Strahlungswerte des Firmamentes finden sich aus dem Mittelgebirge noch keine Aufzeichnungen

Anderis wieder liegen im Mittelgebirge die *Intensitäten der Helligkeit*. Im Sommer muß die starke Vegetationsdecke des Mittelgebirges, welche massenhaft Licht aufsaugt, weniger Licht reflektieren, so daß im wesentlichen die direkt von Sonne und Firmament zugestrahlte Helligkeit in Betracht kommt, während in dem mit Straubteichen erfüllten Rheintal durch die vielseitige Zerstreuung ein ungemein gleißendes helles Licht verbreitet ist. Das sagen die bisherigen Messungen, die für das Mittelgebirge noch nicht zu endgültigen Feststellungen führten. Im Winter wiederum ist der Reflex von der weißen, langdauernden Schneedecke des Mittelgebirges in Verbindung mit größerer und längerer Einstrahlung als im Tiefland imstande, die mittlere Helligkeit bedeutend gegenüber den Tieflandsweiten zu erhöhen. Alle diese Fragen sind für das Mittelgebirge noch im Fluß.

Ich darf nun nicht unterlassen darauf hinzuweisen, daß für den im Mittelgebirge sich aufhaltenden Menschen alle diese Werte wieder eine beträchtliche Modifikation erfahren, je nach der vorzugsweisen Wahl seines Aufenthaltes, ob im Walde, auf freien Flächen, Hohen, Talern usw. Es fällt da zu allen Tageszeiten, besonders aber bei tiefer stehender Sonne die intensiv grüne Farbe des Lichtes durch die Transparenz der Vegetation und durch Reflex vom Walde her auf, wenn nicht andere Farbtöne, die durch ferne Dunstschichten bedingt sind, sich stark bemerkbar machen. Diese Lichteigentümlichkeiten erwecken besonders an den der Sonne exponierten Hängen auffallende Farbenkontraste.

Ich übergehe das *Verhalten der elektrischen Vorgänge* die natürlich unter den eigenartigen meteorologischen und aerologischen Verhältnissen der mittleren Höhe, sowie bei der reichen vertikalen

Gliederung des Gebüges eine besondere Note erhalten, über welche aber weniger fortlaufende Untersuchungen existieren als theoretische oder erfahrungsgemäße Wirkungskonstruktionen. Nicht vergessen darf ich aber, ohne auf Einzelheiten einzugehen, die gewaltige *seelische Wirkung*, die nicht allein aus den rein klimatischen Eigenheiten der Klarheit, Luftreinheit, Luftfrische, Trockenheit oder mildwarmer Feuchtigkeit sich ableitet, sondern die auch durch die hohen Sinnesorgane auf dem Wege ästhetischer Einwirkung vermittelt wird. Im Sommer ist diese Wirkung der Art nach eine andere als im Winter. In diesen beiden Jahreszeiten aber tritt sie mit starkerer positiver Affektwirkung auf als in den Uebergangszeiten, wobei aber dem *Herbstbeginn* infolge des maritimen Charakters des Gebirgshelbstes eine fast maximale Steigerung der seelisch erheben den Einwirkungen zukommt.

Vergegenwärtigen wir uns nochmals die Eigenschaften des Mittelgebirgsklimas, so sind es gegenüber dem Tiefland verringerter atmosphärischer Druck, kühlere Temperaturlage der Luft im Sommer, nur wenig kühlere Temperaturlage im Herbst und Winter, häufig geringe Tagesschwankungen der Temperatur, geringe interdiurne Veränderlichkeit, im allgemeinen größere und gleichmäßigere Dampfsättigung der Luft bei im ganzen geringerem Dampfdruck infolge der Höhenlage, eine mildere Lichtwirkung bei größerem Maß der ultravioletten Strahlung und eine gleichmäßigere Verteilung der Sonnenscheindauer auf das ganze Jahr, so daß das Frühjahr und der Sommer im ganzen weniger, der Herbst und Winter mehr Sonnenschein haben als das Tiefland, ferner eine gleichmäßigere Verteilung des Sonnenscheins über die besten Tagesstunden von 9—3 Uhr. Die Niederschläge sind reichlicher, die Dauer der Regenperioden und die Zahl der Regentage sind wesentlich vergrößert. Ein großer Teil der Winterniederschläge bleibt lange Zeit als Schneedecke liegen. Recht verschieden sind Wind-, Nebel- und Niederschlagsmengen. Es resultiert aus diesen Eigenheiten eine gleichmäßigere Luftwärme, eine größere Luftreinheit, eine stärkere Strahlung ohne Verstärkung des Helligkeitsreizes für das Auge.

Gegenüber klimatisch bevorzugten Regionen im Hochgebirge sind die meteorischen Faktoren der Lufttemperierung, der Strahlung, der Luftklarheit, der Luftdruckverringerung schwächer. Bezüglich der relativen Lufttrockenheit und wiederum der Ozeanität des thermischen Klimas und Feuchtigkeitsklimas liegen verschiedene und wechselnde Verhältnisse zu Tage.

Die reichhaltige Schattierung dieses Klimas, welches durch seine Entfernung vom Meer, durch die Richtung, die Masse und die Furchung des Gebirges, durch seine Wind- und Windschattenseite, durch Talgrund, Hang oder Gipfel entsteht, gestattet uns, Klimate mehr maritimen und mehr kontinentalen Charakters zu unterscheiden.

Zu den erstern mit geringern klimatischen Extremen gehören in erster Linie die Kamm- und Gipfelklimate, die aber wegen der Häufung der Niederschläge, der Windbewegung und wegen der gelegentlich durch Hohennebel beeinträchtigten Sonnenwirkung eine beschränktere biologisch-therapeutische Bedeutung haben.

Zu den kontinentalen Mittelgebirgsklimaspielarten mit großem klimatischen Extremen rechnen diejenigen auf ausgesprochener Leseite größerer Gebirgsmassen, auf Plateaus und in flachen Senkungen, sowie in breiten Talern inmitten größerer Gebirgsmassen.

Eine Mittelstellung nehmen die Hang- und Talstationen mittlerer Höhe von etwa 350—900 m ein, unter sich verschieden nach der Höhenlage und der Höhe der flankierenden Bergzüge, sowie nach deren geographischen Lagebedingungen. Sie haben die gemeinschaftliche Eigentümlichkeit, die therapeutischen Vorzüge des Mittelgebirges am ausgesprochensten zu zeigen und, wie *F. Bauer* für St. Blasien beispielsweise nachwies, eine geringe mittlere Abkühlungsgröße zu besitzen.

Ausgedehnte Bewaldung, insbesondere die immergrünen Koniferenwälder ändern das Klima nach der Richtung des maritimen Charakters und sind für die ärztliche Verwendung gerade der letztgenannten Mittelgebirgsklimavariation ein Haupterfordernis.

Je mehr der Hochgebirgscharakter, sei es durch die absolute Erhebung über dem Meer, sei es durch thermische Faktoren in das mittlere Klima dieser Gruppe eingreift, desto mehr sind wir berechtigt, von subalpinem Charakter solcher Mittelgebirge zu sprechen. Er ist, da wir auch für das eigentliche Höhenklima besonders den Hochtälern unser klimatotherapeutisches Interesse zuwenden, den hohen gelegenen Tälern des Mittelgebirges eigen, während die reine Meteorologie im Gegensatz dazu den Kluppen und Kammern auch des Mittelgebirges Höhencharakter zuerkennen muß.

Als *Erwirkungen des besprochenen Klimas* auf den menschlichen Organismus finden wir im Mittelgebirgsklima, insofern das selbe nicht durch kulturelle, technische und industrielle Einrichtungen entartet ist, eine größere funktionelle Reizung durch größere Beanspruchung der Oxydationsvorgänge, durch Einstrahlung und Verdunstung eine verschiedene Beanspruchung der Wärmeökonomie, eine Schonung der atmenden Oberflächen und im Sommer auch der thermischen Ausgleichsfunktionen, ferner ganz allgemein eine Schonung der Sinnesorgane. Im *Winter* wirkt ein relativ noch größerer und länger dauernder Strahlungsreiz bei im allgemeinen größerer Schonung der Wärmeökonomie und der Atmungsfunktion als im Tiefland gleicher Breite. Gegenüber dem Hochgebirge und dem sommerlichen Seeklima sind alle meteorischen Reize gemildert, die Schonung vermehrt oder jedenfalls nicht verringert. In vieler Hinsicht dürfte das Verhältnis des Mittelgebirges zum menschlichen Organismus dem eines milden herbstlichen Seeklimas unserer Breiten entsprechen, ohne daß sich bei der vielseitigen, wenn auch nur mitt

lere Grade aufweisenden Variabilität des Mittelgebirgsklimas gegen über dem gleichmäßig und gleichsinniger wirkenden Seeklima eine Identität der Wirkung ableiten ließe

Wir kennen aus einigen physiologischen Untersuchungen im Mittelgebirge, besser jedoch aus vielen Beobachtungen am kranken und gesunden Menschen, Veränderungen der Funktionen, die in langer Dauer und bei zweckmäßiger Inanspruchnahme auch tiefer greifende Wirkungen auslösen und damit Übung, größere Funktionsfähigkeit oder Heilungen anbahnen können. Besonders dann ist dies der Fall, wenn zu den rein meteorischen Wirkungen, die, allerdings nicht notwendigerweise der Klimawirkung angegliederten, Einflüsse der Geländegestaltung auf die Funktionen und motorischen Leistungen des Organismus hinzukommen. So kennt man eine leichte Beschleunigung der Atmungsfrequenz, die bald in eine Vertiefung der Atmung, in eine größere Ventilation der Lungen übergeht. Dauernde Neigung zur Atmungsbeschleunigung, Oppression, ungenügende Ventilation ohne genügenden Gaswechsel beobachtet man nicht selten bei scheinbar Gesunden, wobei näheres Hinschauen denn aber doch einen besonders starren Brustkorb und eine fast ausschließlich diaphragmale Atmung, die von vornherein nur begrenzten Anforderungen genügt, aufdeckt. Ruhe und geschickte Übung beseitigen diese Störung gewöhnlich. Eine Erklärung muß wohl in der Herabsetzung des expirationsfordernden Luftdrucks auf die nahezu starre Brustwand zu suchen sein, an deren Stelle wohl die Vergrößerung der Zwerchfellatmung treten konnte, wenn sie nicht ebenfalls, aber diesmal auch inspiratorisch, durch Aenderung des Drucks auf den Bauchinhalt beschränkt wurde. Die Ursache ist also eine mechanische, die Wirkung tritt sofort ein und klingt gewöhnlich bei Einstellung der Funktion auf das Hindernis fortlaufend ab.

Man spricht ferner von einer leichten Beschleunigung der Herz- tätigkeit, die ebenfalls bald einer Verstärkung der Herztätigkeit einer Vergrößerung des funktionellen Effektes der Einzelkontraktion weicht, wahrscheinlich nicht allein aus klimatischen Gründen, sondern aus solchen der Funktionsreaktion auf Reize überhaupt. Damit in loser Verbindung steht die häufig, ja fast regelmäßig beobachtete, aber ganz vorübergehende Erhöhung des normalen Blutdruckes in geringem Maße. Zuweilen vermißt man in der beschrankten Höhenlage des Mittelgebirges eine klinisch erkennbare Anpassung des Herzens an die nur wenig veränderte Sauerstoffspannung. In seltenen Fällen ist ein Versagen der Anpassung, gelegentlich eine Ueberreizung des Zirkulationssystems wahrzunehmen, die sich in einer durch nichts zu beeinflussenden Beschleunigung der Schlagfolge kundgibt und nach einiger Zeit subjektive und objektive Ermüdungserscheinungen hervorbringt, ein Bild am meisten vergleichbar der hyperthyreoiden Funktionsanomalie des Herzens. Erst Rückkehr in das Niederungsklima führt gewöhnlich einen baldigen Ablauf der Störung herbei. Fast gar nicht beobachtete ich diesen Zustand bei zahl-

reichen Herzkranke, wie überhaupt der Herzklappenfehler und die relativen funktionellen oder muskularen Insuffizienzen entgegen weitverbreiteter Auffassung auf hohenklimatische Einwirkung nicht gerade extremer Natur wenig oder überhaupt nicht, jedenfalls nicht in ungünstiger Weise ansprechen. Im Gegensatz zu den vorhin genannten Respirationsstörungen sind diese kardialen klimatischen Eigenheiten gewöhnlich nicht sofort bemerkbar, sie entwickeln sich langsam und zeigen bei Verbleiben im Klima wenig Neigung zur Reversion. Es handelt sich also nicht um mechanische, durch Übung überwindbare Veränderungen, sondern um tiefergreifende vielleicht endokrine Ursachen.

Die Durchblutung der Haut ist im allgemeinen eine stärkere. Die Beeinflussung der *Blutzusammensetzung* geht im allgemeinen in der Richtung einer leichten Erhöhung des Blutfarbstoffgehaltes und einer schon früher einsetzenden Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen. Diese Eigenschaft entspricht bei Kranken und Gesunden einer allgemeinen Tendenz der Blutveränderung auf unspezifische Reize. Meine neueren Beobachtungen an 50 verschiedenen Kranken und Gesunden mit hypophysäischem Blutbild, die *keine auf die Blutbildung wirkenden Medikamente* erhielten, haben diese schon früher festgestellte Tatsache von neuem verstärkt. In allen Fällen stieg der Hämoglobingehalt und die Zahl der Erythrocyten, wo fortlaufende Untersuchungen gemacht werden konnten, wurde fast ausnahmslos vor oder gleichzeitig mit einer Steigerung des Hämoglobingehaltes die Erythrocytenvermehrung beobachtet. Im weißen Blutbild ist da, wo nicht Komplikationen in den gesundheitlichen Zuständen auftraten, fast durchweg eine Verringerung der Lymphocytenzahl, meist allerdings der festgestellten Lymphocytenzahl und feiner eine Vermehrung der segmentkernigen polynuklearen Leukocyten gegenüber den stabkernigen, den Jugendformen und andern, also eine leichte Rechtsverschiebung des *Arnetz-Schilling'schen* Blutbildes. Hyperglobulien und Hyperämien mit oder ohne Gefäßspannung zeigen Neigung zur Normierung. Ich mochte daraus aber nur die allgemeine Tendenz der Änderung herleiten, keine therapeutischen Anzeigen.

Bei gleichbleibender Ernährung ist eine Neigung zum Fettschwund und zur Entwässerung des Körpergewebes vorhanden. Endokriner Klimareiz mag hier mit gesteigerter Muskelarbeit zusammenwirken. Wo eine Gewichtszunahme erzielt werden soll, steht derselben natürlich das Klima nicht im Wege.

Die Wirkung auf die *Schleimhäute* führt nur selten zu stärkerer Austrocknung, wie es in wesentlich trockeneren Klimaten, etwa dem Hochgebirge oder der Wüste beobachtet werden kann. Die trotz dem oft beobachtete Sekretionsbeschränkung kann zum Teil eine scheinbare sein durch stärkere Verdunstung. Die Reinheit auch der Mittelgebirgsluft läßt allerdings Reizzustände der Schleimhäute nicht

aufkommen und beseitigt sie häufig allein schon Eine etwas größere Neigung zu Schleimhautblutungen (Nase, Menstruation, Hamorrhoidalblutungen) ist vorhanden

Eine Wirkung auf die *Nierentätigkeit* ist als sekretionsfördernd beschrieben und zuweilen ärztlich beobachtet, aber kaum einwandfrei als klimatogen erwiesen Witterung, allgemeines Verhalten, Ernährung, Erholung des Zirkulationssystems sind zweifellos mit bestimmend

Die *Darmtätigkeit* soll häufig herabgesetzt sein, hier kann allerdings bei Voraussetzung unveränderter Lebensweise die größere Wasserverdunstung und der verminderte Luftdruck auf den elastischen Teilen des Körpers bereits eine Rolle spielen, auch eine klimatisch bedingte Aenderung der digestiven Sekretion und der Darmflora ist annehmbar

Die Wirkung aufs *Nervensystem* ist wohl die mannigfaltigste, ausgehend von den klimatischen Faktoren der Temperaturerholung, der Besonnung, der Luftreinheit, der idiogenen klimatischen Anregung, wie sie naturgemäß in jedem Klima vorhanden ist, aber in ihren Einzelheiten noch der Aufklärung harret Sie nimmt ihren Weg teils direkt über eine klimatische Gefäßwirkung, dann als omnizelluläre Einwirkung oder durch das sympathische System und über das Seelenleben hinweg auf die motorische Sphäre, die psychomotorische Reizschwelle, auf die Reaktivität sensibler, hormoneller oder sekretorischer Gebiete verschiedenster Organprovinzen Die Aufklärung der hier gemeinten Aenderungen ist nur zum kleinen Teil bis jetzt durch das Experiment in Angriff genommen worden Sie bilden teils Allgemeinereferenzen, beruhen auf ärztlicher Beobachtung, dienen aber jedenfalls bewußt und unbewußt als Grundlage für die klimatische Behandlung zahlreicher Reiz- und Ermüdungserscheinungen des Nervensystems

Eindrucksvoll ist die häufig schon im Mittelgebirge zu beobachtende Neigung zum Schlaf einerseits, häufiger jedoch zur Verringerung der Schlaftiefe andererseits, mit der man als Arzt in der ersten Zeit des Aufenthaltes von Erholungsuchenden nicht selten zu kämpfen hat, die aber selten ein unbezwingliches Ausmaß annimmt

Nur streifen möchte ich die psychotropen Einwirkungen, die von der Landschaft allein, oder von Landschaft, Klima und Witterungslage zusammen ausgehen Sie sind vielseitig, wechselvoll, oft rein individuell, traditionell, zahlreich beschrieben und entbehren eben deshalb der Pragnanz in den Objektivierungen des Bewußtseins sowie derjenigen Empfangsstellen im Zentralnervensystem, von denen das sympathische System zwangsläufig beeinflußt wird, weitaus vorherrschend ist der sedative und befreiende Charakter dieser Einwirkung

Auf dem ganzen großen Gebiet der klimatogenen Auswirkungen im Nervensystem fehlen für unser Klimagebiet noch die grundlegenden Experimentalfeststellungen Man wird solche aus dem Hoch

gebirge oder von der See zunächst nicht, jedenfalls nur in Einschränkung, übertragen dürfen

Daß Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit, des Potentialgefalles, Emanationswirkungen physiologische Effekte zeitigen, dürfte wahrscheinlich sein, doch liegen keine Anhaltspunkte vor, dem Mittelgebirge hierin eine Sonderstellung einzuräumen. Alpennahe, Föhnwirkungen, Häufigkeit von Inversionslagen, besonders orographische Zuspitzungen liefern allerdings Situationen, die einem starkern Auftreten und Wechsel elektrischer Vorgänge günstig sind und die sich in befreienden oder bedrückenden Sensationen bei Gesunden und Kranken fühlbarer machen konnten als in dem, solchen Vorgängen gegenüber vielleicht gleichmäßiger gelagerten Tiefland. Theorie, Mutmaßung und Empfindung füllen auch bei diesem Problem noch die weiten Lucken des Wissens aus.

Wie Sie erkennen mögen, hatten Institute für Klimaforschung wie in andern Klimaten so auch im Mittelgebirge, noch einen ungeheuren Aufgabenkomplex zu entwirren und zu bearbeiten

— — —

Le golfe de Naples, son milieu naturel et sa valeur climato-physio thérapeutique

Par le Dr Comm Vincenzo Cuomo Capri

— —

Lors du VII Congrès International de Thalassothérapie à Abbazia, j'ai traité, dans un rapport spécial, des causes qui modifient l'action physio thérapeutique des climats marins, en les resumant ainsi

1° Causes physiques inherentes au milieu naturel, comprenant les conditions géologiques et hydrographiques, la topographie et la météorologie locale, la composition chimique et organique de l'eau de mer, et la constitution de l'air des différentes plages

2° Causes inhérentes à l'élément morbide et, par suite aux conditions particulières individuelles

3° Causes liées au milieu social et psychique et à la technique du traitement

Le premier groupe, celui des causes qui sont en rapport avec le milieu naturel, impose une enquête rigoureuse, exacte des caractères climatiques particuliers et des variétés locales, il nous amène directement à la spécialisation physico médicale des climats marins, dont je me suis occupé dans un rapport officiel au XI Congrès National d'Hydrologie, Climatologie et Thérapie physique de Naples, en 1912

Evidemment cette spécialisation des climats marins forme la base scientifique de la Thalassothérapie moderne

À l'état actuel, on peut affirmer que la *specialisation* des littoraux européens est déjà tracée sur ses grandes lignes, au double point de vue balnéaire et climatique, sur les bases des analyses de l'eau et de l'air marin, et sur les données météorologiques des stations maritimes les plus connues et les plus accréditées

On sait — par exemple — que le littoral allemand de la mer du Nord est caractérisé par une humidité très élevée, une basse température, une ventilation très énergique et une nébulosité remarquable

Le littoral belge et celui de la Manche depuis Dunkerque jusqu'à Brest, possèdent un climat franchement maritime, dont les éléments stimulants (grand mouvement d'air produit par la prédominance des

vents de O et NO ne sont aucunement atténués par des conditions locales de nature à permettre le dosage de l'influence climatique

Le littoral Atlantique ressent l'influence prépondérante de l'Océan qui en constitue le grand régulateur thermique et hygrométrique. Reclus et Lalesque affirment que le climat de ce littoral est le climat maritime par excellence de la France, caractérisé par une stabilité relative thermo hygrométrique, pluies nocturnes, vents du large, pression atmosphérique avec oscillations faibles, grande pureté de l'atmosphère. Mais, indépendamment de ces caractères climatiques généraux, l'Atlantique, ainsi que la Baltique, présente des variétés régionales frappantes, liées aux conditions topographiques locales qui permettent d'atténuer l'action des facteurs excitants de l'atmosphère marine, et précisément des forts courants aériens. En effet les dunes boisées et les immenses forêts de pins qui, à partir de l'embouchure de l'Adour, longent les côtes girondines et landaises jusqu'à la frontière espagnole, forment un abri puissant contre les vents impétueux soufflant du large et assurent, par conséquent, à cette région favorisée de l'Atlantique une valeur climato thalassothérapique remarquable. Bien sûr, ces conditions topographiques, toutes spéciales des stations maritimes d'Arcachon et Soulac-sur mer, ont établi à l'appui des indications médicales formelles dans la tuberculose pulmonaire et l'action créthique. Ces dunes et ces forêts, en modérant l'action des forts courants aériens et, en filtrant, pour ainsi dire, l'air marin, atténuent les effets des facteurs stimulants et permettent, par contre aux éléments sédentaires du climat océanique d'opérer leur action sur les sujets très nerveux, irritables, fébricitants.

Le littoral de la mer Baltique ou Méditerranée du Nord, offre encore plus que l'Atlantique des conditions régionales, atténuant l'action trop énergique des facteurs excitants du climat, en raison précisément de la topographie des différentes stations, dont quelques unes sont éloignées de la mer de plus de 500 m, d'autres, quoiqu'à très courte distance du bord de la mer, sont protégées contre les vents par une couronne de dunes et de forêts.

Je voudrais rappeler à cet égard les recherches du Dr *Margulies* qui prouvent jusqu'à quel point la présence de forêts sur les plages permet le dosage d'un des éléments les plus importants du climat maritime, c'est à dire des vents. Dans le parc qui (avec une largeur de 100 à 200 m) s'étend pour trois km parallèlement à la plage de *Kolberg* le Dr *Margulies* recueillit au printemps de l'année 1911 au moyen d'un anémomètre spécial 47 observations donnant les résultats suivants. Par un vent d'Ene dans les endroits les plus exposés (le Ostmole) la force du vent atteignait 10,4 par seconde tandis que dans l'intérieur du parc, même dans les points les plus exposés elle ne dépassait pas les 3 mètres et dans les allées plus ombragées elle descendait jusqu'à 0,6 par seconde.

Littoral Méditerranéen. C'est à la Méditerranée que revient l'harmoneux accord des éléments naturels constituant le climat des côtes de cette mer historique.

C'est grâce à l'influence déployée par cette mer, énorme réservoir et véritable pourvoyeur de chaleur, que ces plages jouissent de ces privi-

leges climatiques outrepassant ceux correspondant a sa latitude Et l'on observe justement a cet egard que l'action de la Mediterranee s'etend plus ou moins sur toute la surface meridionale du continent europeen

Douceur et relative uniformite thermo hygrometrique, grande lumiere, duree remarquable de l'insolation, extrême variete et beaute des localites ornees d'une vegetation luxuriante, tels les caracteres generaux saillants des differentes zones maritimes meridionales qui seduysirent les anciens peuples Phéniciens, au point de leur faire etablir leurs premieres colonies sur les bords riants et fertiles de nos côtes tyrrheniques

La Peninsule Italienne s'etend de NO a SE entre les deux bassins de la Mediterranee, qui en effleure les cotes sur une longueur de 6332 km Le territoire d'Italie doit a la chaine de l'Apennin entre Nice et Ancona, la distinction de son climat correspondant aux deux grandes regions *cis-apenninique* et *trans-apenninique*

En effet la première ou region tyrrhenique, exposee au Midi et, par consequent, aux vents de S et SE, soufflant du large, protegee par l'Apennin meme des vents du Nord, jouit d'un climat plus doux, plus tempere et uniforme que celui de la region Adriatique, separee par un court trajet de mer d'un continent très etendu En effet le littoral Adriatique ressent l'influence des vents froids de N et NE, auxquels il est expose au moins jusqu'au promontoire du *Gargano* veritable eperon abritant la région meridionale du meme littoral contre les vents de NE

Mais, independamment des traits distinctifs généraux entre les sus dites Zones maritimes d'Italie, et sur lesquels je n'ai pas le temps de m'arrêter, ce qui doit appeler l'attention du climatologiste est précisément la grande variété des différentes contrées appartenant a chaque littoral et particulierement au tyrrhénique variete qui est en rapport avec l'orientation, la constitution geologique et les accidents topographiques les différentes localités

II

Le golfe de Naples son melieu naturel et sa valeur climato-physio-therapeutique

Suivant le titre de ma conférence, je me bornerai a vous résumer brièvement les caractères climatologiques les plus proeminentes de notre golfe de Naples tout a fait spécialisé, comme sous région maritime du littoral tyrrhenique, au triple point de vue physique, climato physiologique et thérapeutique

La contrée napolitaine est climatologiquement individualisée par un ensemble de caractères directement liés a la situation géographique, à la topographie, a la structure lithologique du sol, ainsi qu'aux qualités particulières du climat et a la composition organico vitale de l'air

Le sol — Topographie Geologie Vegetation

1° La région de l'ancienne Parthenope occupe, sous la latitude de 40° 52', un bord frais de la zone sub tropicale. Du bord de la mer la ville de Naples s'élève doucement vers les collines de St Elmo (249 m), du Vomero (180 m) et Capodimonte (149 m) qui la couronnent au Nord.

Du côté oriental le Vésuve dont le sommet atteint 1282 metres domine toute la plage qui s'étend de Naples à Castellammare di Stabia, ou sont alignées de florissantes petites villes, telles que Portici, San Giorgio a Cremano, Resina Torre del Greco, Torre Annunziata, dont le climat marin-volcanique offre des avantages spéciaux. De la belle ville de Castellammare, dont le sol contient de véritables trésors naturels avec ses nombreuses sources minérales d'une valeur thérapeutique incontestable, la terre ferme se retrecit en constituant la péninsule, fort pittoresque, de Sorrente jusqu'à la Punta della Campanella.

Du côté Ouest la plage napolitaine se prolonge vers le verdoyant promontoire de Pausilippe, d'où la courbe enchantée du golfe se développe jusqu'au Cap Misène. Vers le midi les îles célèbres de Capri et Ischia avec sa petite cour de Procida, Nisida et Vivara, se plendent sur l'azur merveilleux, incomparable de la mer.

2 Au point de vue géologique, la contrée napolitaine nous paraît naturellement partagée en trois zones distinctes.

a) la région *phlegreenne* ou *volcanique éteinte* formée de cratères éteints ou presque tels comprenant les collines de Baïa, Bagnoli et Bacoli, la célèbre station thermale d'Agnano et les îles volcaniques de Procida et Ischia.

b) La région *volcanique active* qui comprend les stations au pied du Vésuve telles que S. Giorgio a Cremano, Portici, Torre del Greco, Torre Annunziata, Valle di Pompei, Boscoreale.

c) La région *calcaire* dont font partie la péninsule de Sorrente et l'île de Capri.

Il est évident que les différences entre la constitution spéciale du sol de ces trois régions et, par suite, dans la nature et l'activité des échanges physico-chimiques entre la surface du sol et les couches inférieures de l'atmosphère en contact immédiat avec elle, déterminent de véritables espèces climatiques, presque, dirai-je, des atmosphères médicamenteuses. En effet la région *volcanique active* est caractérisée non seulement par l'état de sécheresse du sol, mais surtout par les émanations fixes et volatiles du volcan, dont l'action profondément modifiante sur l'organisme ne saurait être contestée.

La région *phlegreenne* siège des stations thermales très renommées d'Agnano, Ischia et Bagnoli, est aussi remarquable par les conditions particulières du sol, qui, dans le voisinage de Pozzuoli, et précisément dans l'endroit appelé «La Solfatara» remplit l'air d'émanations sulfureuses qui ont été l'objet d'expériences et résultats douteux.

En considerant la region *calcaire* nous avons aussi a constater l'importance des conditions telluriques par rapport a des elements qui jouent sûrement un grand rôle dans l'action physiologique des climats locaux correspondants et qui sont encore a etudier a ce point de vue Il me faut a ce sujet, revenir, pour quelques instants, sur des observations sur la deperdition électrique de l'atmosphere que je ai eu occasion de faire regulierement, il y a plusieurs annees, a Capri, a la requete des Academies reunies de Munich, Gottingen, Vienne et Leipzig Ce fut le celebre et regrette Prof Elster, de Braunschweig, qui prit l'initiative des recherches comparatives a entreprendre en divers endroits, soit a l'intérieur des continents, soit en des stations maritimes meridionales La discussion de 348 mesures prises depuis le mois d'octobre 1901 jusqu a la fin de mars 1903, a forme l'objet d'une communication speciale lors du VII Congres International d'Hydrologie, Climatologie et Therapie physique de Venise

A propos de ces mesures il est important de remarquer que le haut coefficient de deperdition électrique a Capri, avec les variations dependant des oscillations de la temperature, de l'humidite, de la vitesse et de la direction des vents, de la transparence de l'atmosphere etc, fit supposer a Mr le Prof *Riecke* de Gottingen que très probablement je me trompais dans mes observations avec l'electrometre d'Elster, et dans mes calculs Mais les donnees ultrieures, et des evaluations similaires pratiquées selon la meme methode dans les profondeurs du sol, a savoir dans les grottes de Capri, et particuliere ment dans la grotte des Stalactytes sur la colline de San Michele ou le coefficient de deperdition atteignait une valeur trois fois superieure a la moyenne des observations faites a l'air libre, donnèrent la preuve indiscutable de l'exactitude de ces évaluations

Il s'agissait donc de decouvrir la cause de la haute valeur du sus dit coefficient Ce fut alors que me vint l'idée de l'influence possible d'emanations radioactives du sol sur la conductibilite électrique de l'air Les échantillons de détritux calcaire du fond de la Grotte des Stalactytes (petite grotte des élphants), ainsi que de *porrolana* et d'*humus* envoyés en Allemagne tout à fait bien conditionnés et soumis plus tard aussi a Mr le prof *Trovato-Castorina* d'Aci reale, confirmerent mon hypothèse Mr le prof *Elster* déclara que le sol de Capri est remarquablement radio actif Enfin de nouvelles experiences pratiquées à Capri par Mr le prof *D Aquino* de l'Ecole politechnique de Naples, établirent absolument cette conclusion ainsi que la presence d'emanations radioactives dans l'air de Capri, apportant de la sorte une nouvelle lumière sur l'étude des facteurs physiques du climat de l'ile

Permettez moi de rappeler ici les conclusions que je pus deduire de mon etude

I L'air de Capri présente une grande force de conductibilite électrique, superieure a celle qu'on a pu constater en plusieurs localites continentales de l'Europe centiale

II L'examen d'échantillons de terrain et de roches de Capri que je prélevais sur place revela la présence d'un grand contenu d'emanations radioactives, supérieur aux valeurs correspondantes des sédiments argileux et autres produits volcaniques de plusieurs provenances

III L'air de Capri est extraordinairement riche en matières radioactives

Les expériences pour les mesures de la radioactivité de l'air eurent lieu à la grande plage de l'île (côte Nord) à 30 mètres au dessus du niveau de la mer et sur la hauteur à Anacapri, à 300 m dans le jardin de ma villa

M. le Dr *D. Aquino* physicien du laboratoire d'électrochimie à l'Ecole Royale Polytechnique auquel je voulus m'adresser pour l'exactitude des expériences plaça lui même chaque fois le fil chargé d'un courant alterné de 125 volts fréquence 39 (le seul à notre disposition) et suivit le procédé en contrôlant la décharge de 15 en 15 minutes

3 *Vegetation* La région de la «*Campania felice*» offre dans la fertilité merveilleuse de son sol une autre marque de la bonté et de la salubrité de son climat. Sa végétation luxuriante joue, certes, un grand rôle dans l'action physiologique et thérapeutique des beaux environs de Naples

On peut dire que cette contrée est spécialisée, au point de vue de la végétation par la présence de bois taillis très épais, formes principalement de châtaigniers et aussi par des forêts de pins et de chênes et — sur les plus hautes montagnes, par des plantations très étendues de hêtres et de pins

Evidemment la grande variété des localités permet des plantations différentes selon la nature, la conformation et l'exposition du terrain. C'est ainsi que Sorrente, dont le sol est volcanique et, par conséquent, très poreux se prête énormément à la culture des citronniers et des orangers et aussi à celle des oliviers. Les stations au pied du Vésuve sont très renommées aussi bien pour le développement très vigoureux de la vigne, que pour la culture des arbres fruitiers, du blé et du maïs. Une pareille fertilité caractérise aussi la région phlégréenne

Meteorologie

Lors de notre XIII Congrès National d'Hydrologie, Climatologie et Thérapie physique j'eus l'idée de préparer un premier essai de climatologie comparée du golfe de Naples, en rassemblant, pour une période de 15 années, les données météorologiques des observatoires du réseau napolitain, placés en divers endroits soit sur le littoral soit sur les îles du golfe. C'est ainsi que j'ai pu relever les différences entre les trois régions sus décrites que je voudrais résumer ici brièvement

Pour la température

La courbe du mouvement thermique étudiée et suivie dans les allures mensuelles et décadiques de ses principaux éléments tels que la température moyenne, l'excursion mensuelle, la variation nict-

diurne, les oscillations nycthemerales, les variations horaires de la journée médicale, montre clairement que la *zone calcaire* (peninsule de Sorrente, Ile de Capri) est la plus fraîche du golfe, ayant une température annuelle moyenne de $14^{\circ}6$, avec un *maximum moyen* de 18° et un *minimum moyen* de 11° , tandis que dans la *zone Vesuvienne* la moyenne annuelle monte à 16° , avec un maximum moyen de $19^{\circ}7$ et un *minimum* de $12^{\circ}5$. Ces chiffres s'élevaient bien encore dans la *zone phlegreenne* (Pozzuoli, Baja, Agnano Procida, Ischia), ou la moyenne atteint $16^{\circ}6$, avec un écart encore moins prononcé entre les maxima et les minima. En effet cette excursion est seulement de 4° dans cette Zone, contre $7^{\circ}2$ de la région volcanique active et 7° de la Zone calcaire. L'analogie est évidente entre le climat littoral de la région phlegreenne et celui de la Riviera italienne de Ponente.

Pour ajouter un mot au sujet de la température dans la ville de Naples en particulier il me faut remarquer que les diverses conditions altimétriques et d'orientation modifient en quelques sortes la moyenne thermique annuelle qui dans la partie septentrionale et plus élevée de la ville (*Capodimonte*) est de $15^{\circ}6$ tandis que dans la partie occidentale elle atteint 16° et dans la centrale et l'orientale respectivement $16^{\circ}6$ et $14^{\circ}5$. La véritable moyenne annuelle avec réduction à la mer est à Naples de $16^{\circ}43$ avec une excursion périodique annuelle de $16^{\circ}30$ entre la moyenne du mois le plus chaud ($24^{\circ}2$ en juillet) et celle du mois le plus froid ($8^{\circ}64$ en janvier). La moyenne des températures annuelles maximales observées à Capodimonte (observatoire astronomique) pendant une période de 75 années (1821—1895) est de $33^{\circ}65$ celle des températures minimales correspond à $1^{\circ}04$ d'où une excursion aperiodique annuelle de $34^{\circ}69$. Mais évidemment les données qui nous intéressent au point de vue de la climatologie médicale sont plus que les écarts mensuels celles qui regardent l'*excursion aperiodique journalière* et la *variation interdiurne*. La première ne surpasse pas les $6^{\circ}C$ en atteignant son maximum ($7^{\circ}46$ en moyenne) pendant le mois de juillet et son minimum ($4^{\circ}25$ en décembre). Quant à la variation interdiurne qui constitue l'*élément thermique* le plus important au point de vue hygienique et médical, les résultats de longues séries d'observations permettent de fixer pour Naples 1 seul degré centigrade comme moyenne de cette excursion qui atteint un maximum de $1^{\circ}3$ en mai et un minimum de $0^{\circ}8$ au mois d'août. Il est aussi très remarquable à cet égard que les variations interdiurnes au-delà de $20^{\circ}C$ ne se produisent qu'en 56,4 jours de l'année et celles encore plus fortes de $4^{\circ}C$ ne se vérifient que 49,9 fois dans le cours de l'année. Mes observations personnelles de 35 ans à Capri confirment cette allure favorable de la variation interdiurne.

En un mot la température du golfe de Naples présente le caractère climatique suivant. Moyennes, maxima et minima très modérées. Variations douces, lentes et constantes.

Humidité atmosphérique. Les relevés comparatifs de l'humidité considérée dans ses deux principaux éléments, assignent à la région phlegreenne les valeurs de 10,6 pour la tension de la vapeur, et 68,4 pour l'humidité relative. Dans la région Vesuvienne les mêmes éléments sont représentés par 9,8 et 70, et dans la zone calcaire par 10,4 et 69 respectivement.

À Naples les relevés d'une longue série d'observations ont permis à l'Ing. Passaro d'établir une moyenne de 9,95 pour l'humidité ab-

solue, avec un maximum moyen annuel de mm 21,35 et un minimum de 2,24. Egalement pour l'état hygrométrique, la valeur moyenne calculée jusqu'à présent est à Naples 68,25, avec une excursion périodique annuelle de 9,52 entre le mois de novembre qui est le plus humide (72,75) et le mois d'août qui est le plus sec (63,23).

Le maximum annuel atteint en moyenne 98,53 et le minimum 26,13, d'où une excursion aperiodique de 72,40.

D'après les relevés de mes observations météorologiques à Capri pendant une période de 35 ans, la moyenne de l'humidité relative est de 69,1, avec une amplitude de 58 entre le maximum moyen (92) et le minimum moyen (34). C'est pour cela que j'ai considéré l'île de Capri comme un climat intermédiaire, au point de vue hygrométrique, entre les climats modérément humides et les climats modérément secs de la classification de *Hermann Weber*.

En conclusion, l'analyse comparative de l'allure des éléments hygrométriques dans les trois zones du golfe de Naples ne permet pas de relever des différences importantes entre les limites de leurs oscillations moyennes.

Precipitations atmospheriques Le régime pluviométrique varie sensiblement dans les trois zones du golfe de Naples. La quantité totale de pluie annuelle est moindre dans la zone calcaire (819 mm) que dans les zones volcaniques, où les valeurs correspondent à 885 mm pour la R. phlegreenne, et à 911 mm pour la R. vesuvienne.

Pour la ville de Naples *ling. Passaro* a fixé une moyenne de 836 mm 97 dont les $\frac{1}{4}$ environ tombent en automne et en hiver le reste est partagé entre le printemps pour $\frac{1}{4}$ (22,2%) et l'été pour moins qu'un troisième (9,6%). Par rapport au nombre des jours pluvieux on remarque l'analogie entre les deux zones volcaniques et la différence remarquable entre la région calcaire avec une moyenne de 63 et les régions volcaniques avec les valeurs respectives de 91 et 93. Pour la ville de Naples en particulier les observations pluviométriques de 70 années recueillies à Capodi monte nous permettent de fixer une moyenne de 116 jours pluvieux. La différence est très remarquable entre Naples et Capri où j'ai calculé une moyenne de 65 jours pluvieux.

Grêle Neige Brouillards Le régime de ces trois précipitations constitue un nouveau document favorable, et contribue à la salubrité du climat napolitain. Dans la ville de Naples la moyenne des jours avec grêle est de 6,29 et celle des jours avec neige seulement 1,19. Très rares sont les brouillards, à tel point qu'on néglige de les rapporter dans les observations météorologiques.

Anémologie La discussion des observations recueillies dans les stations plus typiques des trois zones du golfe permet de conclure au sujet du régime des vents, que

A *Naples* les vents dominants sont le *libeccio* (SO) qui souffle en moyenne 74 jours par an, et le *Ponente* (O) 60 jours tandis que le *Greco* (NE) y souffle en moyenne 56 jours et le *Scirocco* (SE) 24 jours dans toute l'année. En général les vents du 1^{er} quartier dominent pendant les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février.

A *Torre del Greco* (représentant climatique de la zone Vesuvienne) le vent dominant en hiver est le *levante* (E) avec 62 jours en printemps.

c'est le *Ponente* (O) qui domine avec 79 jours et en été le *Ponente* (O et NO) avec 127 jours en automne le SE et le O a parité de fréquence (55)

A *Pozzuoli* représentant de la zone phlégréenne c'est le NE qui domine en hiver avec 96 jours en printemps le SO avec 101 et le même vent garde sa plus forte fréquence (110) en été tandis qu'il diminue en automne sans être surpassé par le NE qui souffle avec une fréquence de 73 jours

Enfin dans l'île de Capri représentant de la zone calcaire d'après mes observations de 35 années le vent dominant en hiver est le *levante* (E) qui y souffle pendant 68 jours en printemps l'E et le N dominent avec parité de fréquence tandis qu'en été le NO (*Maestrale*) soufflant avec une fréquence de 55 jours tempère et rafraîchit l'atmosphère et en automne on observe un retour de plus forte fréquence de l'Est avec contrecoup de vents du Nord

Evaporation En discutant les observations recueillies à Capodimonte (obs astronomique) et celles de Capri, on peut déduire que dans le golfe de Naples l'évaporation annuelle atteint, en moyenne 767—768 mm

Pression atmosphérique Les relevés d'une longue série d'observations autorisent à fixer pour Naples et les contrées littorales du Golfe une moyenne de 761,4, avec une variation annuelle de mm 5,46, tandis que dans la zone insulaire et précisément à Capri cette moyenne est de 735 mm à 300 m au dessus du niveau de la mer, avec un maximum moyen de mm et un minimum de 722 mm 3. Sous le rapport climatique hygiénique il est digne de remarque que la régularité et la grande étendue des oscillations sont encore plus prononcées au bord de la mer que dans les stations intérieures de la contrée parthénopéenne

Nébulosité La sérénité du ciel est un caractère important du climat napolitain. À Naples on peut compter sur 82,79 jours sereins c'est-à-dire le 22,74%, sur 73,50 jours couverts (20%) et 208,64 demi nuageux (57,26%). À Capri pendant les 35 années sus-indiquées, j'ai calculé les moyennes suivantes : jours sereins 176, demi nuageux 125, couverts 64, pluvieux 65

Électricité atmosphérique Radioactivité du sol et de l'air Je regrette de ne pas pouvoir vous présenter ici des résultats d'observations entreprises dans les stations du golfe de Naples pour les mesures de la différence du potentiel, de la conductibilité électrique, et de l'intensité du courant électrique vertical atmosphérique : valeurs d'une extrême importance, mais qu'on détermine en peu d'endroits en traçant les courbes correspondantes journalières et annuelles

Au sujet de mes observations personnelles mentionnées tout à l'heure sur la déperdition électrique de l'air à Capri, j'ai l'honneur de vous présenter quelques exemplaires de ma communication au VIII^{ème} Congrès International d'Hydrologie et Climatologie de Venise ainsi que de toutes les 348 mesures détaillées, faites à Capri, et publiées en Allemagne

Luminosité Climat photochimique Il est très important et très satisfaisant de constater aujourd'hui que les expériences se multiplient

dans l'Ancien et dans le Nouveau monde pour ce qui regarde l'analyse de la radiation solaire, les mesures de la quantité et de l'intensité des divers rayons corpusculaires et ondulatoires ainsi que de la durée de l'insolation variable dans les différents endroits de la montagne, de la mer et de la plaine. Une première série d'études nous a déjà de montre l'énorme importance et utilité du facteur lumineux par rapport à l'hygiène et à la climato-physiothérapie.

J'ai commencé en octobre 1923 une série d'observations photométriques à l'aide d'un photomètre d'Eder (*photomètre à corn gris d'Eder Hecht*) fourni par M. le Prof. Dorno qui, avec sa haute compétence, pourra vous renseigner plus exactement sur les résultats constatés jusqu'à présent.

Par rapport à la durée de l'insolation j'appelle l'attention sur la grande valeur de cet élément climatique sur le littoral thyrrhénique et, en particulier, sur le golfe de Naples. Le petit nombre d'observations recueillies jusqu'ici ne permet pas des conclusions comparatives.

À Valle di Pompei on a trouvé en moyenne 41, qui représente le coefficient d'insolation ou rapport $\square \left(\frac{A}{B} \right)$ entre insolation effective et insolation théorique.

Pour Capri, pendant une période de 10 ans j'ai calculé une durée d'insolation moyenne annuelle de 60.

Pureté de l'air. Grâce à l'action épuratrice de l'atmosphère maritime, à la ventilation énergique et surtout à la grande luminosité, le golfe de Naples offre les conditions favorables pour réaliser cette pureté de l'air, qui joue un des rôles les plus importants dans les effets physiopathologiques du climat. Évidemment la composition organico-vitale de l'air varie dans les divers endroits, soit au bord de la mer, soit dans les stations de colline ou montagne, suivant l'orientation, la configuration et la structure géologique du sol et d'autres circonstances locales.

J'ai entrepris des recherches à Capri sur les quantités de poussière et sur la bactériologie de l'air, avec des résultats très concluants, dont j'ai donné les détails dans mes publications antérieures au VII^e Congrès International d'Hydrologie de Venise et au dernier Congrès International de Thalassothérapie de Venise. Le Dr. Brondi a publié aussi, il y a quelques années, les résultats de ses observations et analyses de l'air en trois endroits différents de la contrée parthénopéenne à savoir Capodimonte, Pausillipe, Torre del Greco. Je ne m'étendrai pas plus longuement sur ce sujet.

Action biologique

La dissociation de la formule climatique marine dans les éléments constitutifs que nous venons de décrire très rapidement pour le golfe de Naples, et l'évaluation des effets physiologiques correspondants à chacun de ces éléments nous permettent de les distinguer en deux groupes principaux. Le groupe des facteurs *excitants ou stimulants* tels que le vent, la lumière, l'ozone, les substances salines en suspen-

sion, l'agitation de la mer — et celui des facteurs *sedatifs* tels que l'uniformité thermo-hygrométrique relative, la plus grande régularité et étendue des oscillations barométriques et certaines radiations

Au fond l'action biologique du climat est une action complexe globale, qui doit être envisagée comme la résultante des effets particuliers produits par les divers éléments du sol et de l'air sur nos fonctions vitales, la respiration, la circulation, la digestion et l'assimilation, l'activité cutanée, l'énergie musculaire, ainsi que sur le système endocrinique et sur les centres nerveux réagissant différemment selon les stimulations qui leur proviennent de la périphérie

Nous ne pouvons que retenir, au point de vue physiothérapique, la conception du climat donnée par le célèbre hygiéniste *Mi de Fonssagrives* qui le compare à un médicament composé, à une action dynamique puissante. Par conséquent le climat réclame sa posologie, et cette posologie est applicable seulement là où les conditions topographiques locales modifient plus ou moins sensiblement la formule climatique régionale, en modérant ou en intensifiant les effets de tel élément, qu'il soit excitant ou sédatif

Le golfe de Naples offre justement un exemple tout à fait démonstratif de ce que je viens d'exposer. Sur une étendue relativement très restreinte, il présente, soit dans la région maritime basse (au niveau de la mer), soit dans la zone en colline, toute une *gamme climatique* qui se prête à des applications particulières correspondant aux indications rationnelles suggérées par l'entité morbide et les réactions organiques individuelles

Je regrette de ne pouvoir vous présenter une statistique riche d'observations recueillies dans le golfe de Naples *avec unité de méthode raisonnée au point de vue de la climato-physiologie*

Nous ne possédons jusqu'à ce moment que des études et des observations isolées. Et permettez-moi, à ce propos, de mentionner tout simplement quelques observations personnelles au sujet du climat de Capri, qui est le représentant typique du climat marin napolitain pur

En général nous pouvons compter chez nous, dans le golfe de Naples, sur des valeurs d'écart thermique assez modérées, ce qui aide et soutient la mission fondamentale de l'organisme, de maintenir constante sa température sensible (*Hann*) qui est intimement liée à l'humidité atmosphérique, car le *froid physiologique* n'est pas toujours en rapport avec le *froid thermométrique*

Même au point de vue de l'humidité, contrôlée dans ses trois éléments la tension de la vapeur, l'humidité relative et le déficit de saturation, qui a plus d'importance en climatologie, les conditions hygrométriques du golfe de Naples peuvent être considérées comme favorables, lorsque ces valeurs sont mises en rapport avec la température. Et, à ce même propos, il devient absolument nécessaire, pour les finalités de la climatologie spécifiquement médicale, que ces valeurs hygrométriques soient considérées en relation avec la température du

corps humain. C'est ainsi que l'on calcule l'humidité physiologique (degré d'humidité de l'air rapporté à la température de 37° C) et le déficit de saturation physiologique (différence entre l'humidité actuelle et l'humidité maximum admissible). Combien j'aimerais vous présenter, en ce moment, des séries d'observations regardant la «valeur de refroidissement», quantité que M. le Prof. *Dorno* considère justement comme *dynamique* en climatologie médicale vis-à-vis de la grandeur *statique* ainsi qu'il appelle la température en rapport à la climatologie universelle¹⁾ Que j'aimerais vous montrer les résultats de mesures pratiquées avec le Kata thermomètre de *Leonhard Hill* à l'état sec ainsi qu'à l'état humide ou avec le *Davoser Frigormeter* le nouvel instrument inventé par Mess. *Dorno* et *Thilenius* pour l'enregistrement des valeurs de refroidissement physiologique.

Certes, la manière d'étudier et contrôler le climat local suivant les postulats établis par M. le Prof. *Dorno* pour une représentation synthétique appropriée de la climatologie médicale, est énormément intéressante et fort rationnelle.

Pour revenir à la valeur de refroidissement il est évident que, pour sa détermination à côté de l'humidité, il faut tenir compte d'autres facteurs climatiques c'est-à-dire du vent, qui vient en première ligne et de la radiation solaire et terrestre qui causent des différences très sensibles entre le climat de montagne et celui de plaine. Parmi les vents qui, dans le golfe de Naples, prouvent au degré maximum la sensibilité de la peau au froid nous rappelons le *Mae stiale* (NO), vent tout à fait défavorable dans la saison hivernale, tandis qu'il exerce une action très propice et bienfaisante en été, en tempérant la chaleur du milieu de la journée.

Maintenant, par rapport à mes observations personnelles en différents cas cliniques à fond de ralentissement de la nutrition (obèses lymphatiques anémiques, diabétiques) j'ai pu constater, soit par les résultats d'analyses successives des urines pratiquées dans les principaux laboratoires de Naples, soit par les changements observés dans les malades et les modifications de leurs principales fonctions plus ou moins altérées que l'action exercée par le climat est fondamentalement et décidément stimulante *action accélératrice* de la nutrition et du métabolisme organique *action reminéralisatrice*. Cette action se révélait cliniquement par l'augmentation d'activité des fonctions languissantes, de la digestion, de l'assimilation, de l'énergie musculaire et psychique, par l'augmentation du nombre des globules rouges du sang et du taux d'hémoglobine, associée à une leucocytose remarquable, tandis que pour ce qui regarde les symptômes urinaires, l'on constatait l'accroissement des oxydations l'élimination plus intensive de l'urée la diminution de l'acide urique l'augmentation de l'acidité urinaire l'augmentation du rapport entre l'azote uréique et l'azote total, entre l'acide phosphorique combiné aux bases et l'acide phosphorique total.

¹⁾ C. *Dorno* Généralités sur la Météorologie et la Climatologie 1924

Parallèlement au réveil des fonctions vitales languissantes il se produisait dans les cas observés une suractivation de la diurèse et de la transpiration cutanée. Mais le symptôme qui par rapport soit au climat soit aux bains de mer doit être envisagé comme un effet final démonstratif irréfutable de l'action tonique dynamogène et accélératrice des échanges généraux, est l'augmentation du poids du corps. Je dois ajouter à propos de mes observations que dans la majorité des cas les effets provoqués par un séjour de 2 à 3 mois chez les nouveaux arrivés c'est-à-dire l'augmentation du poids et les modifications chimiques urinaires persistent presque constamment après la cure et le retour des malades chez eux.

J'ai suivi chez des personnes affectées de névroses fonctionnelles le mode de réaction individuelle par rapport à la circulation à la respiration et à l'excitabilité nerveuse, aussitôt après leur arrivée pendant la période d'acclimatation et, plus tard pendant leur séjour plus ou moins prolongé dans l'île, suivant les vicissitudes atmosphériques *et j'ai remarqué les grandes différences qui accompagnent les changements de direction des vents et de l'état du ciel serein ou nuageux*. Les symptômes plus frappants sont ceux qui se voient pendant les jours où prédominent les vents du quartier méridional et particulièrement le Sirocco. Accroissement de fréquence et irrégularité de l'action cardiaque, accélération des mouvements respiratoires jusqu'à réaliser un état asthmatique, insomnie, sensation d'énorme fatigue musculaire, de lassitude générale, dépression psychique se révélant par l'abaissement de toutes les facultés cérébrales, tels les effets de ce vent qui heureusement dans le golfe de Naples ne soufflent pas avec une extrême fréquence (21 fois en moyenne par an).

Dans ma pratique d'été j'ai eu maintes fois l'occasion de contrôler l'action du bain atmosphérique et du bain de soleil parmi les clients qui viennent réchauffer leur corps et leur esprit sur nos belles plages. Et j'ai pu confirmer, dans une série de cas les intéressantes observations du Dr *D. Oelsnitz* au sujet des effets immédiats et consécutifs étudiés en types différents de réaction individuelle qui ont amené ce renommé heliothérapeute à les grouper sous diverses formules, telles que la formule *initiale* ou de *flottement*, formule d'*équilibre* ou d'*adaptation*, formule *inverse* ou d'*inadaptation* et formule de *déséquilibre* ou d'*intolérance*. Dans les cas que j'ai pu suivre, j'ai constaté une prédominance des types de réaction primitivement normale ou précédés par une formule initiale modérée, plus rarement j'ai observé les caractères correspondant à la formule d'inadaptation ou d'intolérance.

Les mesures de la pression artérielle pratiquées dans les mêmes cas avec un sphygmomanomètre *Angelini Pacini* m'ont fait constater de l'hypertension à la suite du bain de soleil froid c'est-à-dire à la température du corps tandis que le bain de soleil chaud produit d'ordinaire une action hypotensive.

Je voudrais appeler l'attention de MM les Congressistes sur l'action profondément modifiante exercée par le climat marin sur notre système endocrinique. C'est le Dr *Doche* qui justement a remarqué des traits de ressemblance d'analogie, entre l'action du climat marin sur les fonctions principales de l'organisme humain et l'action trophique de la glande thyroïde. Surtout l'influence du traitement thyroïdien sur le développement du squelette est analogue à l'accroissement assez rapide de la stature qui chez les jeunes gens soumis à la cure marine atteint en moyenne, les 3 centimètres tous les deux mois. Pour ce qui regarde le poids du corps, l'analogie indique se relève dans la diminution transitoire constatée au commencement de la cure comme dans la période initiale de la cure marine. À la diminution initiale du poids du corps succède dans les deux cas un accroissement de poids, à moins qu'un état d'athétisme de faiblesse irritable ressentant d'une façon exagérée l'action d'un climat marin trop excitant ne provoque un effet opposé. C'est à dire un amaigrissement progressif et durable tel qu'il suit une cure intensive thyroïdienne.

En troisième lieu la fonction *onco-gène* du corps est stimulée par la mer comme par le traitement opothérapique thyroïdien. En effet le climat maritime excite l'appétit et les fonctions digestives de l'enfant jusqu'à la voracité en favorisant de la sorte l'augmentation du poids du corps.

Le système pileux même qui est un réactif de la fonction thyroïdienne subit l'influence bienfaisante de la mer et en vérité il m'est arrivé souvent d'observer que des enfants qui avaient commencé la cure de la plage ayant des cheveux mal nourris, effilés, secs et très peu abondants ont fini après une période de traitement suffisante, par présenter une chevelure souple beaucoup plus abondante. Les ongles qui chez les enfants mal nourris, athétiques ou lymphatiques, ont souvent un aspect rugueux, ingrat et sec deviennent plus luisants et souples sous l'influence du climat marin, comme sous celle de l'opothérapie thyroïdienne. Et les dents aussi se ressentent de l'action du climat maritime. En effet les sujets *hypothyroïdiens* qui montrent des signes d'athétisme dentaire (gencives rouges, boursouffées, sanguinantes avec dépôt calcareux prononcé qui ronge les gencives et fait tomber les dents) présentent souvent à la mer des crises aiguës douloureuses de gencivite expulsive avec perte des nouvelles dents. Ce sont de véritables crises d'*hyperthyroïdisme* réactif à un état d'*hypothyroïdisme habituel* et de telles crises se voient provoquées par le climat marin.

Influences géo-psychiques. Mais à part tous les éléments que nous venons d'analyser pour le golfe de Naples, il faut tenir compte d'un autre facteur jouant un grand rôle dans l'action physiothérapique du climat, et plutôt négligé dans la somme des influences contribuant puissamment au résultat final de tout traitement climatique. Je veux dire la beauté pittoresque et séduisante du paysage, dont les médecins exerçants sur les plages riantes et ensoleillées de la Méditerranée ont

en general, l'opportunité de constater les effets (parfois frappants), sur la grande masse des faibles, des névropathes, des fatigués des surmenes qui donnent un contingent fort important aux statistiques climato-thalassotherapiques. Je suis bien persuadé qu'une partie des effets physio-therapiques que j'ai pu constater dans un bon nombre de neurasthéniques, de déprimés, d'hypocondriaques, d'épuisés, traités chez nous doit être rapporté aux influences géo-psychiques à l'harmonie des éléments extérieurs, à la nature enchanteuse du paysage considéré dans l'aspect dans la configuration dans les lignes et dans les couleurs des rochers, dans le vert de la végétation, avec ses merveilleuses nuances, dans l'azur de la mer et du ciel.

Thalassotherapie sur le littoral thyrrénique

La grande valeur thalassotherapique de notre littoral est intimement liée à l'association heureuse du facteur climatique, tel que je viens rapidement de le décrire, avec l'élément hydrique, l'eau de mer, possédant à son tour, des avantages complexes et extraordinaires. On peut résumer ainsi les caractères tout à fait précieux du bain dans les mers du Sud.

1° Haut degré de minéralisation des eaux avec un résidu fixe de 46,38, contre de 11 dans la Baltique, 31,05 dans la Mer du Nord et 33,50 dans l'Atlantique.

2° Température modérée qui déjà pendant le mois de mai atteint 18° C, au lieu de 9° 7 de la Mer du Nord et 10° 2 de la Baltique. D'après les observations de *Leichtenstern* les moyennes estivales dans les diverses mers sont les suivantes : Baltique 15° 17° — Mer du Nord 16° 18° — Atlantique 20° 23° — Méditerranée 22° 27°.

Dans le golfe de Naples la température de la mer est en hiver de 14° C, tant à la surface que dans les couches du fond. En plein été la température atteint les 27° — En moyenne de juin à octobre, elle est de 20° C — Pendant le mois de juin l'air est plus chaud que l'eau de mer, au mois d'août l'eau et l'air superposés gardent sensiblement la même degré de température.

Il est donc possible dans le golfe de Naples, comme en d'autres stations du littoral thyrrénique de réaliser deux conditions très favorables pour les baigneurs, à savoir 1° de prolonger la durée du bain et d'y associer le bain atmosphérique, d'air, de soleil et de lumière avec l'alternative et la technique réclamées par les conditions individuelles des baigneurs, 2° de pouvoir prolonger — ce qui est très avantageux — la saison de bains du commencement de mai jusqu'à la moitié d'octobre.

Ambiant biologique Indications et contre-indications climato-therapiques

Avant d'examiner brièvement les indications principales de la Thalassotherapie climatique et balnéaire dans le golfe de Naples, je tiens tout simplement et particulièrement à faire considérer que l'am-

biant biologique se révélant dans l'étude ethnique et dans les statistiques sanitaires, confirme tout à fait les deductions qui decoulent de l'analyse du milieu physico chimique dans ses elements multiples

Il est tres reconfortant de constater aujourd'hui que depuis l'epoque ou les conditions hygieniques de la ville de Naples se sont considerablement ameliorees sous tous les rapports (eau potable egouts propreté publique) la mortalite generale a progressivement diminue En verite elle atteignait bien les 351 p 1000 en 1874 pour descendre en 1906 a 216 en 1908 a 19 en 1910 a 185 et en 1912 a 167 — Memme la mortalite specifique par maladies infectieuses reste a Naples au dessous des donnees indiquees pour les villes principales de l'Europe Pendant la periode 1900 jusqu'à 1909 la moyenne des maladies infectieuses calculee par 10 000 habitants a ete de 116 a Londres 113 a Budapest 103 a Rome 99 a Trieste 89 a Milan 92 a Nice 77 a Berlin 75 a Munich et de 57 a Naples vis a vis de 280 a St Petersbourg La mortalite par tuberculose pulmonaire est de 391 p 10 000 hab a Paris de 381 a Trieste 353 a Budapest 261 a Vienne 249 a Nice 238 a Genes 219 a Berlin 266 a Turin 191 a Venise 185 a Bruxelles et seulement de 15 a Naples

J'ai calcule pour l'ile de Capri une mortalite generale de 156 et j'ai resume en traces graphiques les resultats de 30 ans d'observation pour etudier l'influence des saisons et des mois sur la mortalite generale Les courbes des facteurs climatiques sont ainsi comparees a celles de la morbidite et de la mortalite

Climat de montagne et climat marin — Bien sui, malgre leur antagonisme apparent, la mer et la montagne presentent des traits communs tels que la purete de l'atmosphere, la grande luminosite, le haut contenu en ozone, qui president a leur action fondamentale essentiellement tonique et stimulante

A coté de ces facteurs communs les deux climats extremes montrent des traits distinctifs tels que — (pour la haute montagne) — la basse pression atmospherique la raréfaction de l'air le froid et la neige la secheresse l'irradiation nocturne puissante l'absence de vent dans les hautes vallées abritees l'uniformité remarquable de la radiation et des elements de l'electricite atmospherique tandis que pour la mer ces traits se resument dans un maximum de pression et de densite de l'air et par tant dans la plus forte oxygenation sous le meme volume dans l'uniformite relative thermo hygrometrique dans une ventilation tres energique dans des conditions electriques speciales de l'atmosphere dans la grande abondance de rayons chimiques bleus et surtout violets et ultra violets dans la presence de substances salines et jodo bromurees en suspension

Il est hors de contestation qu'en considerant l'action biologique des susdits agents physico chimiques le climat marin presente un champ tres vaste d'application physio therapeutique par rapport aux differentes categories de maladies chroniques organiques ou fonctionnelles qui peuvent beneficier du traitement climatique a condition qu'on se rende compte exactement dans chaque cas clinique, de l'*individualité morbide* surtout au point de vue de la cure climatique de la tuberculose et de la phthisie pulmonaire Et d'ailleurs l'action benefaisante preservative et profondément modifiante de la mer dans les tuberculoses chirurgicales est universellement reconnue

Eu egard aux caracteristiques fort precieuses du climat d'altitude et à ses effets biologiques se resumant dans le mot *hyperfonction* c a d dans l'hyperactivite de toutes les fonctions vitales dans la normalisation des fonctions endocriniques alterees et dans l'acceleration des echanges generaux et respiratoires ce climat est formellement indique dans tous les etats pathologiques caracterises par le ralentissement ou l'hypoactivite d'un

ou de plusieurs systemes organiques. En un mot le climat de montagne se prete merveilleusement a realiser des modifications profondes individuelles de l'organisme entier d'ou sa vaste et preponderante application dans tous les etats de dechancee (anemies astheniques) compris sous la denomination d'hypotrophie generale constitutionnelle de misere physiologique qui predispose aux infections bacillaires specifiques dans les formes initiales de la tuberculose pulmonaire (douxisme pleurétique ou pulmonaire) et particulierement dans les formes infectives torpides de la bacillose et meme dans les formes subaigues compliquees par association microbique — sans oublier que *conditio sine qua non* pour esperer dans les resultats favorables de la cure est la *capacite de reaction* ou pour mieux dire d'*adaptation individuelle*.

Et maintenant un coup d'oeil final au sujet des indications et contre indications de la climato thalassotherapie dans le golfe de Naples

1° Premicrement toutes les reconvalescences de maladies rigues plus ou moins graves tous les etats de dechancee organique constitutionnelle a etiology differente toutes les anemies et particulierement celles que caracterisent le ralentissement et l'insuffisance des oxydations les anemies plasmatiques par demineralisation la cachexie parudienne la serofule le ricketisme la scurite primitive trouvent dans le golfe de Naples un milieu tout a fait favorable et bienfaisant dont l'ecole medicale napolitaine, sur la base ancienne et moderne de l'experience clinique offre un temoignage incontestable

2° Les periodes extremes de la vie humaine l'enfance et la vieillesse, beneficient d'une facon prodigieuse du climat de nos plages, climat qui offre des conditions tres propices pour le developpement du corps chez l'enfant pour l'activite de l'humorose du systeme musculaire pour la modification profonde de l'ambiant intra organique telle a conjurer l'influence de traits hereditaires tels a rehausser les pouvoirs de defense contre les agents morbides climat qui, contre l'opinion de certaines écoles medicales peut rendre de grands services a la vieillesse

3° Les dystrophies constitutionnelles, a fond de ralentissement de la nutrition telles que le lymphatisme athritique l'obesite le diabete le rhumatisme chronique et la goutte rencontrent dans le climat du golfe et particulierement dans la zone littorale et insulaire (Capri et Ischia), un milieu tres adapte et efficace pour la stimulation des echanges generaux torpides, pour tonifier le coeur et les centres nerveux, pour accelérer la fonction des émonctoires organiques et favoriser de la sorte la desintoxication du sang et des tissus, l'élimination de la graisse surabondante et l'utilisation du sucre chez les glycosuriques

4° Les hydropsies chroniques liées a l'hydropneumonie ou a des maladies chroniques du foie du coeur et des reins (brightisme) beneficient enormement du climat volcanique chaud et sec tonifiant stimulant des stations au pied du Vesuve (Resina Pugliano Torre del Greco, Somma Vesuviana etc) ainsi qu'il est demontre par l'experience clinique journaliere

5° Les cardiopathies organiques (lésions valvulaires) trouvent en plusieurs stations, surtout dans celles à climat marin mitigé marin forestier (collines de Castellammare, de Vico Equense de Sorrente et Misso de Capri et Ischia) un ambiant climatique cardiotonique, capable de soutenir en rehaussant la digestion, l'assimilation et l'énergie nerveuse, cette tendance physiologique à la compensation que le médecin est appelé à surveiller constamment dans la thérapeutique de ces affections

Les cardiopathies artérielles présentent de plus fortes difficultés dans l'application du climat en général et on ne peut à cet égard, que reconnaître les principes établis par le Prof *Huchard* c'est à dire que le séjour tout à fait au bord de la mer peut être dangereux et qu'il faut choisir même en climat maritime, des endroits adaptés, éloignés de la plage. Ainsi les installations sur collines dans le golfe de Naples offrent, en cas pareils des indications favorables

Aux contre indications de la climatothérapie marine dans les maladies de l'appareil circulatoire appartiennent la tachycardie paroxystique l'angor et la dilatation de l'aorte l'incrisme l'angine de poitrine coronarienne et en général les états d'hypersystolie ou d'éréthisme cardiaque chez les pseudo cardiaques (cardiodyspeptiques purs et cardiodyspeptiques neurosthéniques)

6° Les formes humides franchement catarrhales de la bronchite chronique (type torpide atonique) bénéficient du climat sec des stations volcaniques Vésuviennes, ainsi que de la sous région phlégréenne à climat également doux et sec qui permet de vivre en plein air, de se fortifier et de s'aguerrir afin d'éviter les rechutes si fréquentes et faciles de ces affections

Les formes sèches de la bronchite chronique caractérisées par une sécrétion épaisse, visqueuse et peu abondante, et par un état irrité et spasmodique des bronches (crise asthmatique), peuvent tirer de réels avantages du climat plus sédatif de plaine ou des collines plus ou moins éloignées de la mer

Les opinions sont contradictoires au sujet de la cure marine de l'asthme. En vérité plus que l'asthme des adultes, c'est l'asthme des enfants qui peut souvent tirer des avantages du séjour maritime, à condition qu'on surveille bien les petits malades en leur évitant toute cause de fatigue excessive et d'excitation anormale

7° La scrofule classique, la tuberculose chirurgicale (cutanée, ganglionnaire osseuse articulaire creuse) trouvent chez nous, sur les bords de la mer une application très vaste et importante. Nous possédons en Italie une série fort nombreuse d'hospices et de sanatoria maritimes. Les statistiques placent en faveur de l'action bienfaisante de la mer chez nous comme ailleurs. Et les plages du golfe de Naples redonnent chaque année à la famille et à la Patrie des enfants guéris ou transformés et fournissent des armes de défense et résistance physiologique

8° Tous les états morbides compris sous l'ancienne dénomination de prétuberculose, à savoir la misère physiologique causée par les longues maladies épuisantes ou par surmenage avec défaut de nutrition les maladies tuberculeuses telles que la coqueluche, la rougeole chez l'enfant la grippe la typhoïde, certaines dyspepsies etc. les reliquits pleuro-pulmonaires secondaires à infection diplococcique ou grippale fournissent dans le golfe de Naples un contingent assez important à la statistique des guérisons et des améliorations des affections chroniques justifiables du climat maritime méditerranéen.

Quant à la tuberculose pulmonaire, eu égard au principe que les tuberculeux, suivant les justes considérations des Messieurs *Robin* et *Binet* sont des consommes, avant d'être des infectés, c'est-à-dire qu'il y a chez eux une exagération des échanges respiratoires, on devrait rationnellement interdire le climat marin qui recule les oxydations et la désassimilation organique. Mais nous savons bien que Mr *Robin* dans son rapport magistral au Congrès Int. d'Hydrologie et de Climatologie de Biarritz, n'a pas donné une valeur absolue à cette formule climatotherapique. En effet, cette formule ne peut que subir des variantes suivant les conditions climatiques locales (climat marin mitigé) et suivant l'individualité morbide par rapport à l'âge, au terrain à l'écart du bilan nutritif et des échanges respiratoires. Voici l'élément qui doit être exactement analysé et considéré, pour que l'indication thérapeutique qui en résulte soit en grande partie justifiée — Bref en tenant compte de l'action physiologique de notre climat et des résultats d'une longue expérience clinique nous conseillons aux tuberculeux éthiques, avec tendance à une marche rapide de la maladie d'aller séjourner assez loin de la mer, en plaine ou en colline, tandis qu'aux tuberculeux pulmonaires à type franchement torpide, on permet le séjour dans quelques-unes de nos stations au bord de la mer, à condition d'y suivre un régime hygiénique et diététique approprié au cas particulier, et de se soumettre à toutes les prescriptions qui regardent le dosage et qui constituent, en un mot, la technique du traitement.

9° C'est surtout le climat de la région volcanique active (climat mixte volcanique marin) qui, par la thermalité et la sécheresse du sol, est tout à fait adapté aux affections chroniques des reins. Même à Capri je puis enregistrer tout un groupe de Brightiques à marche essentiellement torpide, qui bénéficient du séjour de l'île, par la diminution progressive de l'albuminurie et des autres symptômes urinaires, et par l'amélioration persistante de l'état général.

10° Le golfe de Naples en général offre un champ d'application assez vaste pour le traitement climatique des affections nerveuses chroniques.

Les névropathes organiques peuvent bénéficier du golfe par son action fondamentale tonifiante activant les échanges nerveux et relevant la nutrition générale. Le choix de la station ne peut tomber que sur les localités plus ou moins abritées et à climat relativement plus doux et uniforme. — Bien sûr ce sont les névropathes fonctionnels qui

donnent le plus fort contingent à l'observation clinique. Premièrement les neurasthénies professionnelles par surmenage et les neurasthénies toxiques secondaires aux maladies infectieuses aiguës telles que l'influenza la typhoïde ou liées aux infections chroniques (malaria syphilis alcoolisme morphinisme etc.) ressentent les bienfaits d'un séjour plus ou moins prolongé sur le golfe de Naples. Entre ce groupe de cas et celui des neurasthénies graves qui peuvent être modifiées favorablement ou aggravées selon les conditions du malade et l'endroit choisi il y a toute une série de cas de moyenne gravité chez lesquels les issues du traitement climatique varient naturellement aussi suivant la constitution des malades leurs prédispositions héréditaires l'état trophique général et l'excitabilité des sujets.

En un mot, on peut affirmer que les neurasthénies à forme franchement dépressive (psycasthénie, épuisement nerveux général) ressentent l'action tonique bienfaisante de la zone maritime proprement dite, tandis que les formes éréthiques, qui caractérisent un état de surexcitabilité plus ou moins prononcée, sont favorablement influencées par les stations à climat maritime mitigé. En effet quelques contrées des environs de Naples, telles que Capodimonte, Scudillo, Camaldoli Capodichino S. Giorgio à Cicinano, sont déjà renommées à cause de leur climat local tout à fait indiqué dans les affections nerveuses à fond éréthique.

Quant aux névroses, telles que la maladie de Basedow ou *Flajan*, on ne peut pas nier qu'il y a des cas, qui justifient le séjour maritime atténué sous une latitude favorable en localités plutôt abritées. D'un autre côté tout médecin exerçant au bord de la mer a eu maintes fois l'occasion de rencontrer des cas, ou le malade subit des récurrences plus ou moins accentuées, qui se traduisent dans un ensemble de symptômes assez graves tant dans la sphère circulatoire que dans la sphère nerveuse auxquels on a donné justement le nom de *baserdouisme marin*. On doit admettre dans ces cas la que le climat marin, moyennant ses facteurs excitants qui agissent sur la périphérie nerveuse apporte des stimulations qui se transmettent à la substance corticale, d'où la manifestation de la synergie clinique sus indiquée.

11° Maladies gynécologiques. Chacun des facteurs de la Thalassothérapie inhalation d'air marin, bain ordinaire plus ou moins prolongé, bain de soleil gymnothérapie (natation, etc.), doit répondre avec ses différentes modalités aux conditions spéciales et aux exigences des malades.

Bien sûr, comme l'a dit feu Prof. Bossi de Gènes, une plage est d'autant plus apte à la thalassothérapie gynécologique que son climat est doux et constant que le vent y souffle modérément que la température de l'eau y est élevée, que la salinité de l'eau atteint un assez haut degré et que l'eau est calme. Ce sont des conditions réalistes seulement dans les mers du Sud, comme chez nous, dans le golfe de Naples d'où les indications rationnelles 1° dans les lésions inflammatoires et fonctionnelles de l'utérus, dans la subinvolution utérine post parturiale dans les métrites chroniques hyperplastiques, — 2° dans les ovarites et ovaro salpingites chroniques, — 3° dans la pel

vicellulite paramétrite et perimétrite chroniques dans les résidus d'hématocèle — 4° dans les amenorrhées les ménoirrhagies et métrorrhagies de douteuse origine et résistant aux traitements ordinaires — 5° et, d'après *Kurz* dans les névropathies secondaires aux maladies gynécologiques dans les convalescences post opératoires dans les anomalies menstruelles, dans les déplacements de la matrice dans les miomes et à l'âge critique

Resume

I Les mers meridionales de l'Europe et precisement la Méditerranée offrent sur leur côtes fertiles et ensoleillées des avantages climatiques constatés par les observations météorologiques et utilisés par l'expérience médicale au double point de vue climato physiologique et clinique

II Le climat maritime méditerranéen subit sur les différents littoraux et sur les diverses régions de chaque littoral, des variations importantes suivant la latitude l'orientation, la constitution géologique et les accidents topographiques, ce qui permet de les spécialiser et de les individualiser, après une enquête rigoureuse de tous les facteurs qui intègrent la synthèse climatique locale

III Le golfe de Naples, ancienne et très renommée station sanitaire de l'époque Romaine, offre en hydro climatologie médicale, l'exemple d'un riche et harmonieux ensemble d'éléments naturels d'une efficacité prodigieuse concentrés sur une étendue relativement restreinte. A côté des trésors hydriques thermominéraux tels que ceux d'Ischia Agnano, Bagnoli, Torre Annunziata, à côté des eaux caldes de Castellammare de Stabia du Sarno etc le climat napolitain se modifie dans les divers endroits selon la nature et la constitution du sol et de son revêtement selon la topographie soit au bord de la mer (climat insulaire péninsulaire et littoral) soit en colline (climat marin mitigé). On peut par conséquent réaliser sur le golfe de Naples les conditions favorables pour une résidence fixe estivo hivernale, tant pour les applications climatothérapiques et hydroponiques que pour les cures climatiques

IV Aux traits distinctifs généraux de la zone subtropicale méditerranéenne, à savoir la sécheresse estivale prolongée la pluie automnale et hivernale, la saison remarquable du ciel le golfe de Naples réunit des caractères climatiques précieux qui se résument dans l'uniformité relative thermo hygrométrique, un régime de vents exerçant une action très favorable sur le climat avec prédominance des vents d'E NE entre novembre et février et des courants de S et O entre mars et octobre grande luminosité

V Aux variétés géologiques et topographiques sus indiquées correspondent des modifications de l'action physiologique fondamentale tonifiante du climat avec prédominance d'effets tantôt excitants tantôt sédatifs d'où la possibilité d'applications thérapeutiques nombreuses et d'adaptations spéciales suivant la réaction individuelle

VI Abstraction faite des privilèges inhérents au climat, le golfe de Naples offre le caractère spécial de la beauté extraordinaire et tout à fait suggestive du paysage ce qui à parité d'autres conditions, plaide assurément pour le choix du séjour en climatologie médicale

VII Synthèse des indications

1° Etat de débilité organique constitutionnelle à étiologie différente

Reconvalescence de maladies aiguës

Anémies par insuffisance des oxydations anémies plasmatiques par déminéralisation

Cachexie paludéenne Rachitisme Senilité prématurée

2° Dystrophies constitutionnelles à fond de ralentissement de la nutrition (lymphatisme athritique, obésité, diabète, rhumatisme chronique goutte)

3° Hydriopies chroniques liées à l'hydropisie affections chroniques du foie du cœur et des reins (Brightisme)

4° Cardiopathies organiques (lésions valvulaires) dans leur période de compensation

Cardiopathies utérines avec réserve

5° Bronchite franchement catarrhale chronique à type torpide, atonique

6° Scrofule classique tuberculose chirurgicale Mischre physiologique et affections tuberculigènes (grippe typhoïde, coqueluche reliquits pleuro pulmonaires d'infection diplococciques ou groupées)

7° Tuberculose pulmonaire à réaction franchement torpide dans sa période initiale

8° Affections chroniques des reins à marche essentiellement torpide

9° Névropathies fonctionnelles neurasthénies par surmenage et toxiques (maladie syphilitique alcoolisme morphinisme) Formes franchement dépressives (psychasthénie épuisement nerveux général)

Névroses Basedow Hérédité hystérique (avec réserve)

10° Maladies gynécologiques lésions inflammatoires et fonctionnelles de l'utérus ovarites et ovarosalpynxites chroniques primaires chroniques secondaires névropathies secondaires aux maladies gynécologiques anomalies menstruelles âge critique

Contre indications Tachycardie paroxystique aortite et dilatation de l'aorte anévrysmes angine de poitrine coronaire Etats d'hypersystolic et d'athrisme cardiaque

Quelques formes d'asthme des adultes

Tuberculose pulmonaire à réaction catarrhale avec tendance aux épisodes congestifs broncho pulmonaires

Hypersthénie nerveuse Surexcitabilité Formes catarrhales de l'épuisement nerveux

Verwendung einer biologischen Lichtreaktion zur Wertung der klimatischen Lichtintensität

Von Professor *Sophus Bang* Kopenhagen

— —

Um in der Lichtbiologie überhaupt wissenschaftlich arbeiten zu können, ist es offenbar eine Grundbedingung, das verwendete Licht messen zu können, und zwar den Anteil des Lichtes, welcher von biologischer Bedeutung ist, also die *biologische Lichtintensität*. Wenn man aber die lichtbiologische Literatur in dieser Beziehung untersucht, muß man staunen, wie oft die Versuchsbedingungen gerade in dieser Hinsicht vernachlässigt werden. Die Ursache ist natürlich die daß es eine ungemein schwierige Aufgabe ist, die biologisch wirksame Lichtintensität zahlenmäßig anzugeben. Die von den Physikern gewöhnlich verwendeten Methoden sind nämlich in biologischer Hinsicht wenig geeignet oder ganz unbrauchbar. In den meisten Fällen verwenden wir ja nämlich kein monochromatisches Licht sondern eine mehr oder weniger genau definierbare Mischung von leuchtenden, ultravioletten und warmenden Strahlen, so wie sie nun gerade in unsern natürlichen oder künstlichen Lichtquellen vorhanden sind. Die ganze *Summe* dieser Strahlengattungen können wir zwar genau messen, zum Beispiel durch bolometrische oder ähnliche Methoden, wodurch wir die Summe der in den verschiedenen Strahlengattungen enthaltenen Energiemengen kennen lernen. Dies hilft uns aber wenig in biologischer Beziehung, weil die physiologischen Wirkungen an ganz bestimmte, zum Teil scharf umschriebene Spektralgebiete gebunden sind. Aus demselben Grunde sind die am meisten benutzten photochemischen Methoden nur von relativem Werte. Wenn wir zum Beispiel durch photographisches Papier oder irgend eine andere chemische Reaktion die Lichtintensität bestimmen, so haben wir gewöhnlich absolut keine Gewähr dafür, daß das chemisch wirksame Spektralgebiet identisch mit dem biologisch wirksamen ist, ja nicht einmal dafür, daß Parallelität zwischen ihnen besteht. Jedenfalls so lange als man nicht genau die chemischen Reaktionen kennt, worauf die Lichtwirkung im lebenden Organismus beruht, ist es a priori *unwahrscheinlich* eine anorganische chemische Reaktion zu finden, die ganz

genau von denselben Strahlengattungen und in genau demselben Mengenverhältnis wie die biologischen Reaktionen ausgelöst wird

Anders liegt die Sache, falls es möglich ist irgend eine biologische Reaktion selbst als Maßstab für die Lichtintensität zu verwenden. Zwar kann man nicht hoffen, durch eine einzige biologische Reaktion einen Maßstab für sämtliche überhaupt biologisch wirkenden Strahlengattungen zu bekommen — wissen wir doch zum Beispiel daß die auf die Pflanzen wirkenden Strahlen zum größten Teil ganz andere sind als die auf die Tiere wirkenden. Aber könnte man eine solche Reaktion finden, die Ausdruck für eine ganze Gruppe von biologischen Reaktionen ist, wäre gewiß doch sehr vieles erreicht. Versuche in dieser Richtung sind schon so alt wie die wissenschaftliche Lichttherapie selbst. Schon *Finsen* verwendete die *Pigmentierung* der menschlichen Haut als einen Maßstab für die biologische Intensität der verschiedenen Lichtarten. In Wirklichkeit war diese Methode die Grundlage für *Finsens*'s Theorien und für seine Lichttherapie. Aber leider ist diese Methode ja zu umständlich für den täglichen Gebrauch, sie läßt außerdem keine genaue Abstufung der Lichtintensitäten zu und endlich ist sie von den individuellen Verschiedenheiten der Versuchspersonen abhängig.

Uebrigens wird man a priori gegen sie denselben Einwand machen können wie gegen die photochemischen Methoden, nämlich, daß die Reaktion auf selektive Absorption eines ganz bestimmten Spektralgebietes beruht und daß vielleicht alle andern biologischen Reaktionen durch ganz andere Strahlen hervorgerufen werden. Soll eine derartige Reaktion eine allgemeine Bedeutung haben, muß man nachweisen können, daß eine ganze Gruppe von bedeutsamen Lichtreaktionen von genau denselben Strahlen hervorgerufen werden. Ich bin nun in der Lage eine solche Gruppe angeben zu können.

Wie gesagt hat schon *Finsen* die *Hautpigmentierung* als einen Kernpunkt der *Lichtreaktionen* angesehen. Ganz sicher ist jedenfalls, daß alle die Lichtquellen deren therapeutische Wirksamkeit wissenschaftlich festgestellt sind, eine starke Pigmentation hervorrufen und es fehlt nicht an direkten Aussagen, daß eine gewisse Parallelität zwischen der Pigmentierung und dem therapeutischen Effekt bestehe. So schreibt *Bernhard* der Pigmentierung eine große therapeutische Rolle zu, indem die Patienten die am stärksten pigmentiert werden, sich am besten und schnellsten erholen. Bekanntlich hat *Rollier* in dem Pigment eine Art Transformator oder Sensibilisator, der die Tiefenwirkung der Strahlen bedingt. *McNowsky* und *Christen* glauben, daß das Licht mittelst des Pigmentes in stärker wirkende Sekundärstrahlen umgesetzt wird und *Jesonek* glaubt, daß die Pigmentbildung unter Abspaltung irgend eines ins Blut übergehenden Stoffes stattfindet.

Ich selbst bin auch von der tiefgehenden Bedeutung der Pigmentbildung überzeugt, obschon ich derselben eine negative Rolle zuschreibe, indem ich glaube, daß durch die Pigmentbildung ein schädlicher Faktor aus dem Körper ausgeschieden wird. Meine Begründung dieser Ansicht ist die folgende: Nach den bahnbrechenden Untersuchungen von *Bruno Bloch* über die Pigmentbildung findet

sich ja in den tiefsten Zellen der Oberhaut ein oxydierendes Ferment, das sogenannte *Dopaferment* das unter der Einwirkung des Lichtes einen vom Blute zugeführten Stoff, das *Dopa* zu Pigment oxydiert. Es hat sich herausgestellt, daß dies Dopa wahrscheinlich identisch mit *Dioxyphenylalanin* ist. Nun ist über dieser Stoff in chemischer Beziehung sehr nahe verwandt mit *Adrenalin* und da bekanntlich eine mangelhafte Funktion des adrenalin produzierenden Organs nämlich der Nebenniere eine kolossale Hautpigmentierung hervorruft (die *Addison'sche Krankheit*) eine Pigmentierung die ganz wie die normale vom Lichte verstärkt wird, so liegt es nahe anzunehmen daß das *Dopa* ein Nebenprodukt bei der normalen *Adrenalinbildung* ist. Nun habe ich mir aber die Frage aufgeworfen: *Was geschieht mit dem produzierten Dopa falls das Individuum nicht belichtet wird?* In diesem Falle kann das Dopa nicht als Pigment ausgefällt werden. Aber trotzdem findet es sich immer in der Haut in latentem Zustande wie die interessanten Untersuchungen von *Mironowsky* und später *Königstein*, *Leiserowitsch* und *Heudorfer* gezeigt haben. Solange es nicht als körniges Pigment ausgefällt ist muß es sich in gelöstem Zustande befinden. Aber nach *Brahn* und *Schmidtmann's* Untersuchungen ist eine neutrale kolloidale Lösung von Pigment (*Melanin*) recht giftig ruft und eine starke Herabsetzung des Blutdruckes und Herzschwäche hervor, also gerade das Gegenteil der Adrenalinwirkung, und gerade Symptome die charakteristisch für die *Addison'sche Krankheit* sind. Ich habe daraus den Schluß gezogen, daß die Bedeutung des Pigmentierungsprozesses darin liegt, daß diese giftige Dopasubstanz durch das Licht als Pigment ausgefällt und dadurch unschädlich gemacht wird.

Ich bin mir ganz klar darüber daß diese Auffassung vorläufig nur eine Hypothese ist. Aber ganz gleichgültig, ob die Zukunft diese oder eine der andern Pigmenthypothesen bestätigen wird — man wird doch kaum daran zweifeln können daß die Pigmentierung eine hoch wichtige biologische Funktion ist und — wenn ich nun zu meinem eigentlichen Gegenstand zurückkehre — eine Meßmethode der biologischen Lichtintensität muß in erster Linie dasjenige Strahlengebiet das die Pigmentierung hervorruft berücksichtigen. Wo im Spektrum liegt nun dieses Gebiet?

In dieser Beziehung haben die Untersuchungen von *Häuser* und *Vahle* in 1921 interessante Aufschlüsse gegeben. Sie ließen das Spektrum von einem sehr kräftigen Quarzspektrographen direkt auf menschliche Haut fallen indem sie durch Messungen mit einer linearen Thermosäule sich überzeugten daß nicht eine ungleiche Energieverteilung im Spektrum die Resultate beeinflusste. Sie bestimmten die Intensitäten des Hauterythems in den verschiedenen Teilen des Spektrums sowohl wie die nachfolgende Pigmentierung. Sie haben auf diese Weise erstens gefunden daß die *Erythembildung* und die *Pigmentierung* von denselben Strahlen hervorgerufen werden und zweitens daß diese Wirkung ein sehr steiles und nicht scharf

umschriebenes *Maximum im ultravioletten Gebiet hat zwischen den Linien 302 und 289 mit dem höchsten Gipfel bei der Linie 297 von wo die Kurve steil nach beiden Seiten abfällt* so daß sie schon bei der Linie 313 zu 4 % und nach außen bei der Linie 253 zu 16 % gefallen ist

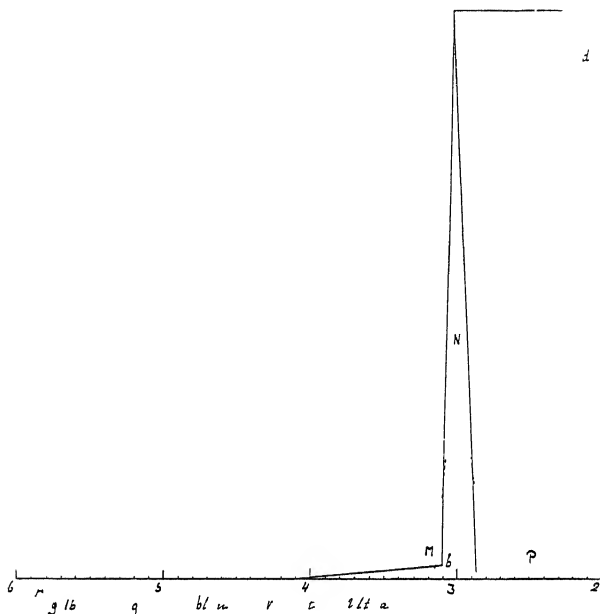
Diese selektive Speltrwirkung auf die Pigmentbildung in der Gegend der Linie 300 bekommt nun eine ganz besondere Bedeutung dadurch daß eine Reihe von andern Lichtwirkungen sich auch um die Linie 300 gruppieren

So machen *Hauser* und *Vahle* selbst darauf aufmerksam daß *Piof Dornos* grundlegende Messungen hier in Davos über die Intensität der verschiedenen Spektralgebiete des Sonnenlichtes uns den Beweis geben daß gerade an den Zeitpunkten des Tages und des Jahres, wo, wie jeder Sonnentherapeut aus Erfahrung weiß, die heilende Wirkung des Sonnenlichtes am stärksten ist die Sonnenstrahlen gerade so weit ins Ultraviolette hineinreichen daß sie das besprochene Gebiet in der Nähe der Linie 300 erreichen

Aber noch andere Untersuchungen lenken unsere Aufmerksamkeit auf dasselbe Gebiet. In 1909 hat *Hasselbach* damaliger Laboratoriumsleiter im *Finsen* Institut die Einwirkung des Lichtes auf das Blut untersucht und gefunden daß die *Umbildung des Hamoglobins in Methämoglobin* ebenfalls in dem genannten Gebiet ein Maximum hat, indem dieser Prozeß in Wellenbreiten oberhalb und in ganz hervorragendem Maße direkt unterhalb der Linie 310 statt findet. Zweitens hat er gefunden daß Strahlen unterhalb 310 eine ganz besondere Fähigkeit zum *Auflösen der roten Blutkörperchen* haben wenn auch dieser letztere Vorgang schon von den sichtbaren Strahlen ausgelöst werden kann jedoch nur in bedeutend geringerem Grade.

Endlich muß ich einige Versuche nennen, die ich selbst im Jahre 1903 im *Finsen* sehen Lichtinstitut ausgeführt habe. Ich untersuchte die *Verteilung der bakterientötenden Strahlen im Spektrum* des Kohlenbogenlichtes mittels eines Quarzspektrographen. Ich fand ein sehr umschriebenes und sehr starkes Maximum der bakterientötenden Strahlen (jedenfalls wenn es sich um *Bacillus prodigiosus* handelt) genau in derselben Stelle im ultravioletten Spektrum wo 17 Jahre später *Hauser* und *Vahle* ihr Maximum für die Pigmentbildung gefunden haben also bei der Linie 300. Die Lage dieses Maximums habe ich durch zwei verschiedene Methoden konstatiert: erstens indem ich das ganze Spektrum auf eine Gelatinekultur fallen ließ wodurch es sich sozusagen auf der Kultur photographierte, nämlich als Streifen die sterilisiert wurden durch die betreffenden Strahlen und zweitens auf die Weise daß ich nach und nach schmale Streifen des ganzen Spektrums abblendete und so für jedes einzelne Spektralgebiet untersuchte, wie lange Zeit notwendig war um eine Kultur zu sterilisieren. Beide Methoden gaben übereinstimmend eine Kurve,

wie in dieser Zeichnung schematisch dargestellt (Die genauern Versuchsergebnisse sind in den Mitteilungen aus dem *Finsen* Institut von 1904 mitgeteilt)



Die gefundene Abtötungskurve ist *abcd* Während eine Beleuchtung im roten und gelben Teil des Spektrums selbst nach 2 Stunden ganz ohne Einfluß auf die Bakterien war, gelang es mit den grünen blauen Strahlen, eine Abtötung nach 2 Stunden zu erreichen Bei der Linie 350 im innern Ultraviolett war die Abtötungszeit schon zu etwa 10 Minuten abgekürzt, aber ziemlich genau bei der Linie 300 fangt eine ganz plotzliche und enorme Verstärkung der Bakterizidität an, so daß die Bakterien nun schon bei etwa 3 Sekunden Belichtung abgetötet werden, ja bei der Linie 250 sogar schon nach 2 Sekunden Dieses Maximum — wo also die bakterientötende Kraft zwischen 3 und 4000mal starker ist als im blauen Spektrum — erstreckt sich mit kleinen Schwankungen bis etwa zu der Linie 200, wo der Quarz anfangt das Licht zu absorbieren, so daß man also mit einem Quarz spektrographen nicht weiter untersuchen kann

Unterhalb meiner Kurve habe ich die *Hauser* und *Vahle*'sche Pigmentierungskurve gezeichnet (MNP) Die Koinkzidenz der an steigenden Aeste ist ja frappant Aber während die Pigmentierungskurve schon bei der Linie 290 stark abfällt, bleibt meine Kurve noch lange in ungefähr derselben Höhe Dieser Unterschied ist doch nur

anscheinend Um Pigmentierung hervorzurufen müssen ja die Strahlen bis zu einer gewissen Tiefe in die Oberhautzellen eindringen. Nun wissen wir aber durch *Hasselbalch's Untersuchungen* daß gerade bei der Linie 290, wo die Pigmentierung schwächer wird, die Penetrationsfähigkeit der ultravioletten Strahlen plötzlich sehr stark abnimmt. Ihre Fähigkeit, eine $\frac{1}{10}$ mm dicke Epidermisschicht zu durchdringen ist bei der Linie 290 nur 1/600 von der Durchdringungsfähigkeit bei der Linie 300. Falls ich dementsprechend meine Kurve von der Linie 290 an im Verhältnis 1 zu 600 reduziere, bekommt ich die Kurve C' und wir sehen nun daß die zwei Kurven innerhalb der Versuchsfehlergrenze, sozusagen identisch sind.

Fassen wir diese unter ganz verschiedenen Voraussetzungen gemachten und doch miteinander stimmenden Versuchsergebnisse zusammen so sehen wir daß

- 1 die Pigmentierung
- 2 das Hauterythem
- 3 die Methämoglobinbildung
- 4 die Auflösung der roten Blutkörperchen
- 5 die Abtötung von Bakterien

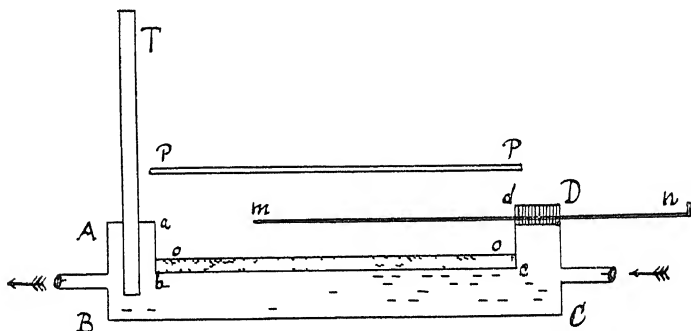
ein Maximum in genau demselben Spektralgebiet haben wozu wahrscheinlich als Nr. 6 kommt daß gerade diese Strahlen im Sonnenlichte von besonderer therapeutischer Bedeutung sind.

Hieraus zu schließen, daß überhaupt alle Wirkungen des Lichtes auf den tierischen Organismus an diese Strahlen geknüpft sind, ist natürlich nicht erlaubt. Aber wir können jedenfalls soviel sagen daß *eine bedeutende Gruppe von tiefgreifenden Lichtwirkungen selektiv beeinflusst werden von diesem Spektralgebiet* und können wir dieses Gebiet ausmessen besitzen wir einen, wenn nicht vollständigen, so doch jedenfalls biologisch begründeten Maßstab für die biologische Lichtintensität.

Als solchen Maßstab benutze ich seit etwa 20 Jahren die *Abtötung von Bakterien*. Eine Beschreibung des verwendeten Apparates wird die Methode klären.

In eine sterile Metallschale *abcd* etwa von der Größe einer Petri-Schale gieße ich Nihil-Gelatine und lasse dieselbe in waagrechter Stellung erstarrten. Kurze Zeit vor dem Versuch wird die Oberfläche (0) dieser Gelatine mit einer 24 Stunden alten Bouillonkultur von *Prodigiosus* so dünn und gleichmäßig wie möglich mittelst sterilem Pinsel bestrichen. Durch die Verwendung einer solchen Oberflächenkultur erreicht man daß das Licht nicht vom Nihilmedium absorbiert wird — die betreffenden Strahlen werden schon von Bouillon in einer Schichtdicke von $\frac{1}{100}$ mm merklich absorbiert. Aber auf diese Weise wird die Bouillon von der Gelatine abgesondert so daß die Bakterienkörper so zu sagen nackt dem Lichte ausgesetzt werden. Außerdem muß Rücksicht genommen werden auf das Alter der Kultur und auf die Temperatur der Bakterienkörper während der Belichtung. Ich habe in 1901 nachgewiesen daß die Widerstandsfähigkeit mit dem Alter steigt und mit der Temperatur abnimmt. Deshalb verwende ich wie schon besprochen Kulturen von einem ganz bestimmten Alter (24 Stunden) und deshalb muß die Belichtung bei konstanter Temperatur stattfinden was ich dadurch erreiche daß die Schale mit einem Wasser-

mantel *ABCD* versehen ist dessen Temperatur durch das Thermometer *T* kontrolliert wird. Dies Thermometer wird übrigens bei Versuchen mit Sonnenlicht dazu benutzt das genau senkrechte Einfallen der Sonnenstrahlen zu kontrollieren. Um vergleichende Versuche anzustellen ist es selbstverständlich von der größten Bedeutung daß die Strahlen genau senkrecht auf die Gelatineoberfläche fallen. Man sieht leicht ob die Schale richtig aufgestellt ist dadurch daß das Thermometer in diesem Falle keinen Schatten wirft. Vorläufig ist die Kultur mit dem lichtdichten Deckel *mn* gedeckt. Will man nun die Lichtwirkung zum Beispiel nach 1 2 3 Minuten Bestrahlung untersuchen zieht man den Deckel etwa 1 cm zurück so daß ein 1 cm breiter Streifen der Kultur belichtet wird. Nach der ersten Minute zieht man den Deckel weiter 1 cm zurück belichtet wieder eine Minute wobei der erste Streifen im Lichte bleibt und also nun 2 Minuten Belichtung bekommen hat usw. Die Ränder der Kultur werden überhaupt nicht belichtet und dienen so als Kontrolle. Nach Beendigung der Belichtung wird der Deckel zugemacht und der ganze Apparat in Ther



mostat bei 20 Grad gestellt. Nach 24 Stunden sieht man die Kultur in den Kontrollstreifen vollständig ausgewachsen in den genügend belichteten Streifen ist die Gelatineoberfläche vollständig steril und zwischen diesen beiden Zonen sieht man eine Reihe von Streifen wo die Bakterien stufenweise abgeschwächt sind. Nur eine Vorsichtsnahe muß ich noch erwähnen. Bei lang dauernden Versuchen in starkem Sonnenschein konnte vielleicht die Austrocknung zur Abschwächung der Bakterien mitwirken. Ob dieser Faktor eine Rolle gespielt hat oder nicht sieht man sofort durch die Platte *PP* deren eine Hälfte aus Glas die andere aus Quarz besteht und die so angebracht ist daß die eine Hälfte jedes Gelatinestreifens durch Glas die andere durch Quarz belichtet wird. Da die Wärmestrahlen gleich gut durch Quarz und Glas gehen muß die austrocknende Wirkung die gleiche sein unter beiden. Die ultravioletten Strahlen gehen nur durch die Quarzplatte und bei gut ausgeführten Versuchen sehen wir denn auch daß die Bakterien nur unter dieser abgeschwächt resp. getötet sind während sie unter dem Glase ganz wie in den unbelichteten Kontrollpartien auswachsen.

Mit dieser Methode habe ich die verschiedensten *Lichtquellen* und namentlich die für therapeutische Zwecke empfohlenen Lampen verglichen. Hierauf werde ich bei dieser Gelegenheit nicht eingehen, aber ich möchte mir erlauben, auf die *Brauchbarkeit der Methode für klimatologische Studien* hinzuweisen. Im Jahre 1911 erhielt ich durch Prof. *Pannwitz* eine Einladung von der „Kommission für Hohen

und Sonnenforschung“ an deren zweiter klimatologisch biologischer Expedition nach der Insel Teneriffa teilzunehmen. Ich unternahm mit der genannten Methode eine Reihe von Lichtmessungen in verschiedenen Höhenlagen zwischen dem Meere und dem 3700 Meter hohen Pico de Teyde. Wie zu erwarten war, habe ich eine kolossale Steigerung der Lichtintensität mit der Höhe gefunden. Während unten am Meere etwa 2 Stunden Belichtung in der Mittagszeit notwendig war, um die Kulturen zu sterilisieren, genugten oben auf dem Pico wenige Minuten und in der Gegend um 2000 m! ergab ein Höhenunterschied von 500 m einen Unterschied in der Ablotungszeit von zuka 35 %. Auf die gefundenen Werte, die eigentümliche Tageskurve usw. werde ich doch nicht näher eingehen, unter anderem weil ich der gefundenen *absoluten* Werte nicht sicher bin, teils weil meine Laboratorieneinrichtung recht primitiv war, und teils weil ich nicht lange genug auf der Insel bleiben konnte, um genügend viele Kontrollversuche anzustellen. Seit 1920 arbeitet Dr. Rolf Hertz, ärztlicher Leiter des danischen Kustenhospitals am Refsnæs, mit der Methode um Jahres- und Tagesschwankungen des Lichtes, den Einfluß des von der Meeresoberfläche reflektierten Lichtes usw. zu untersuchen. Seine Resultate werden in nächster Zukunft veröffentlicht werden.

Resultate meiner Methode habe ich also nicht vorzulegen. Wenn ich trotzdem mir erlaubt habe, dieselbe hier zu erwähnen, ist es in der Überzeugung, daß es von großem Interesse wäre, gerade *hier in Davos* solche Untersuchungen systematisch zu treiben. Die Bedingungen sind hier besonders gut, um die taglichen und jährlichen Kurven der Lichtintensität in verschiedenen Höhenlagen zu studieren, zumal wir die entsprechenden physikalischen Kurven für Davos durch Prof. Dorn's schöne Untersuchungen schon besitzen. Man konnte hier *Standardkurven* darstellen, mit welchen die entsprechenden Kurven anderer Klimate sich vergleichen ließen. Es wäre ohne Zweifel eine zwar große, aber lohnende und nicht unmögliche Aufgabe, auf diese Weise nach und nach einen *biologischen Lichtatlas* der ganzen Erde darzustellen. Man braucht nur einen Blick in das Programm dieser Tagung zu werfen, um zu sehen, auf wie vielen Gebieten der Physiologie, Pathologie und der Volksgesundheit wir dem Lichte eine Rolle zuschreiben. Die Beurteilung eines Klimas in biologischer Hinsicht ohne einen Maßstab seiner biologischen Lichtintensität wird immer eine subjektive Schätzung bleiben. Es ist deshalb meine Hoffnung, daß man die Bedeutung der einheitlichen Ausmessung der verschiedenen Lichtklimate einsehen wird — ob es durch meine Methode oder eine andere und bessere geschehen soll, ist mir eine Nebensache, wenn es nur durch eine Methode geschieht, die biologische und nicht rein physikalische Faktoren zahlenmäßig ausdrücken kann.

Die physikalisch-chemische Beeinflussung des Organismus durch das Höhenklima

Von Prof Baron A v Koranyi Budapest

Meine Aufgabe besteht in der Erörterung der physikalisch-chemischen Beeinflussung des Organismus durch das Höhenklima. Unter den Wirkungen des Höhenklimas sind nur einzelne soweit bekannt, daß sie aus physikalisch-chemischen Gesichtspunkten betrachtet werden können. Doch gehören sie zu den wichtigsten und ergeben sich aus ihrer Analyse Einblicke in den veränderten Betrieb des Organismus, die die Hoffnung erwecken, daß ihre nähere Begründung zu einer Erweiterung der Indikationen des Höhenklimas führen wird.

Zu den merkwürdigsten physiologischen Konstanten gehören diejenigen der Zahlen der verschiedenen Blutzellen. Da die Zahl jeder einzelnen Zellenart nur zwischen engen Grenzen schwankt, muß jede durch besondere Reaktionen reguliert werden. Als Zeichen, nach welchen sich diese Regulationen richten müssen, sind nur chemische Produkte denkbar, die für jede Zellenart spezifisch sind und deren Mengen von der Zahl der Zellen, deren chemischen Arbeit und vom Verbrauch bestimmt werden.

Von der Regulation der Zahl der weißen Blutzellen wissen wir nichts. Ueber die der roten sind wir besser unterrichtet. Fließt dem arteriellen Blute venoses durch eine kongenitale Kommunikation zwischen beiden Herzkammern zu, so steigt die Erythrocytenzahl an. Dasselbe geschieht bei beeinträchtigter Atmung, bei einer ungewöhnlich weitgehenden Entarterialisierung des Blutes, wenn die Zirkulationsgeschwindigkeit abnimmt, wenn der Platz des Sauerstoffes im Hämoglobin teilweise durch Kohlenoxyd eingenommen und wenn im pneumatischen Kabinett verdünnte Luft eingeatmet wird.

Ich habe vor nahezu drei Decennien bewiesen, daß die Erythrocytenzahl bei all' den erwähnten pathologischen Zuständen durch Sauerstoffeinatmung prompt herabgesetzt, während die normale Erythrocytenzahl im Tieflande durch Sauerstoffeinatmung nicht beeinflusst werden kann. Die Wirkungslosigkeit der Sauerstoffeinatmung im Tieflande erklärt sich ungezwungen aus der Tatsache, daß das Oxyhämoglobin bei normalem Sauerstoffdruck bereits nahezu gesättigt ist. Anderseits beweisen meine Beobachtungen an pathologischen Polyzythämien, daß sie einer durch Sauerstoffmangel aus-

gelosten Reaktion derjenigen Organe zuzuschreiben sind, welche die Zahl der roten Blutzellen regeln

Die Zahl der Erythrozyten nimmt bei zunehmender Höhe zu. Da diese Zunahme bereits in mäßigen Höhen nachweisbar ist, in welchen der Sauerstoffgehalt des Blutes so gut wie unverändert ist, wurde ihr Zusammenhang in geringen Höhen mit der Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft oft bezweifelt. In 1904 und 1906 habe ich mit *Bence* und *Scharl* den Einfluß von Sauerstoffeinatmungen auf die Erythrozytenzahl am Gornegrat und in der Tatra untersucht. Wir stellten fest, daß die Höhenpolyzythämie nicht nur am 3136 m hohen Gornegrat, sondern auch in einer Höhe von 1000 m durch Sauerstoffeinatmung herabgesetzt wird. Folglich wird die Polyzythämie mäßiger Höhen ebenso durch die Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft bedingt wie die der großen. Diese Tatsache wird sofort begreiflich, wenn wir folgendes berücksichtigen:

Wurden diejenigen Faktoren unverändert bleiben, welche den Sauerstofftransport aus der Luft zum Blute besorgen, oder wurde ihre Anpassung an eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft eine unvollständige sein, so mußte der Sauerstoffdruck im Blute mit zunehmender Höhe sinken. Aus der Form der Dissoziationskurve des Oxyhämoglobins folgt aber, daß bei mäßiger Abnahme des Sauerstoffdruckes im Blute dessen Sauerstoffgehalt kaum und erst bei verhältnismäßig sehr stark erniedrigtem Druck wesentlich abnimmt. Folglich kommt es in mäßigen Höhen zu einem Zustande im Blute, in welchem der Sauerstoffdruck bereits merklich geringer geworden ist, während dessen Sauerstoffgehalt beinahe unverändert bleibt. Ob nun ein Organ in diesem Zustand bereits an Sauerstoffmangel leidet, oder nicht, hängt davon ab, wie sich seine Sauerstoffversorgung zum Sauerstoffdruck und zum Sauerstoffgehalt des Blutes verhält. Dieses Verhalten ist aber bei verschiedenen Geweben verschieden und kann sich wie *Arogh* für die Muskeln nachgewiesen hat, auch je nach ihrem funktionellen Zustande ändern.

Die Sauerstoffversorgung ist der Sauerstoffdruckdifferenz zwischen dem Blute und dem Gewebe proportional. Im Verhalten des Sauerstoffdruckes in den Geweben kommen aber zwei Extreme vor. Es gibt Organe mit beträchtlichem Sauerstoffdruck. Da ihr Sauerstoffdruck mit dem des Blutes steigt und fällt, also das Druckgefälle, das ihnen Sauerstoff zuführt, von der absoluten Größe der Sauerstofftension zwischen weiten Grenzen unabhängig ist, ist auch ihre Sauerstoffversorgung von einer nicht allzu weitgehenden Veränderung des Sauerstoffdruckes im Blute unabhängig. So verhält sich z. B. nach *Verzar* die Submaxillardrüse. Demgegenüber gibt es Organe, z. B. die ruhenden Muskeln, deren Sauerstoffdruck verschwindend gering ist. Folglich gleicht die Sauerstoffdruckdifferenz zwischen Muskeln und Blut erst dem absoluten Drucke im letztern. Nimmt nun dieser Druck ab, so muß die Sauerstoffversorgung solcher Organe leiden. Da die regulierenden Organe der Erythrozytenzahl be-

reits auf eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft reagieren bei welcher der Sauerstoffdruck des Blutes zwar etwas abnimmt, deren Sauerstoffgehalt aber kaum, muß gefolgt werden, daß sie zu den Organen mit verschwindendem eigenem Sauerstoffdruck gehören. Es wurde berechnet, daß die Hohenpolyzythämie den Hämoglobin-gehalt des Blutes über jene Grenze hinaus erhöht, bei welcher der Sauerstoffgehalt des Blutes trotz der Herabsetzung der Sauerstoff-tension dieselbe wie im Tieflande bleiben würde. Aus unserem Ge-sichtspunkte erheben sich nun zwei Fragen. Die erste lautet: kann durch diese Reaktion eine Sauerstoffversorgung des Organismus ge-sichert werden, die derjenigen im Tieflande genau gleicht? die zweite ist diese Form der Adaptation an die Höhenluft zweckmäßiger als eine wäre, welche die vermehrte Sauerstoffzufuhr durch eine Be-schleunigung der Zirkulation erreichen würde?

Die erste Frage läßt sich einfach beantworten. Unter sonst gleichen Umständen erhöht die Zunahme des Hämoglobingehaltes des Blutes nur die Menge des gebundenen Sauerstoffes ohne den arteriellen Sauerstoffdruck zu verändern. Folglich kann diese Art der Akkommo-dation nur denjenigen Organen nutzen, deren Versorgung von der Sauerstoffzufuhr abhängt, von dessen Druck in ihr aber mehr oder weniger unabhängig ist, während dem Sauerstoffhunger der andern, deren eigener Sauerstoffdruck minimal ist, und deren Sauerstoff-zufuhr mit der absoluten Größe des Druckes im Blute zusammen-hängt durch die Hohenpolyzythämie nicht abgeholfen werden kann. Daher hört die im Tieflande herrschende harmonische Sauerstoffver-sorgung der Organe auf.

Zur Beantwortung unserer zweiten Frage führen folgende Überlegungen. In der Höhenluft bleibt der Blutdruck entweder un-verändert, oder nimmt dessen Größe maßig zu. Daraus folgt, daß, im Falle die normale Sauerstoffzufuhr bei herabgesetzter Spannung durch eine Beschleunigung der Zirkulation erreicht werden würde, diese Art der Akkommodation zu einer annähernd gleichmäßigen der Zunahme des Minutenblutvolums proportionalen Mehrbelastung bei der Kammer führen würde.

Durch die Hohenpolyzythämie wird nun die erforderliche Be-schleunigung der Zirkulation gemäßigt oder auch, wenn sie groß genug ist, jede Beschleunigung überflüssig gemacht. Eine Zunahme der Blutzellenzahl vergrößert aber die Viskosität des Blutes. Im Tief-lande schwankt die Blutviskosität zwischen ziemlich engen Grenzen. Die Bedeutung einer normalen Größe geht aus den überaus interes-santen Untersuchungen von Heß hervor. Sein Gedankengang ist kurz zusammengefaßt der folgende: Der Hämoglobinbedarf der Organe konnte auch durch ein äußerst zellenarmes Blut gedeckt werden. Dann wäre aber das erforderliche Minutenblutvolum so außerordentlich groß, daß neben diesem Nachteil der Vorteil einer geringen Blut-viskosität verschwinden würde. Bei einer außerordentlich hochgra-digen Polyzythämie wurde dagegen vom Herzen nur ein geringes

Minutenvolum gefordert. Doch steigt die Kurve der Blutviskosität bei zunehmender Zellenzahl zwar erst langsam aber später immer steiler an und erreicht bei sehr hoher Zellenzahl ungeheure Werte. Folglich wurde eine zu weitgehende Blutzellenzahl das Herz trotz des geringen Minutenvolums überlasten. Wie Heß festgestellt hat, ist im Tieflande die normale Blutviskosität zwischen diesen zwei Extremen eine optimale. Diese Tatsache beleuchtet die Vorteilhaftigkeit der normalen Erythrozytenzahl.

In der Höhenluft nimmt der Sauerstoffgehalt des Hämoglobins ab. Folglich muß in der Zeiteinheit eine größere Hämoglobinmenge die Gewebe durchstromen, um gleiche Sauerstoffmengen zu befördern wie im Tieflande. Nun besagt die Formel von Heß, daß die Arbeit, welche diesem Zweck in einem sonst unveränderlichen System entspricht, mit der Viskosität und mit dem Quadrat der erforderlichen absoluten Blutzellenzahl zu-, mit dem Quadrat der Konzentration der Blutzellensuspension aber abnimmt. Folglich wäre im Bereiche, in welchem die Blutviskosität mit steigender Blutzellenkonzentration noch langsamer wächst als das Quadrat dieser Konzentration selbst, die Zunahme der Erythrozytenzahl vorteilhafter als eine entsprechende Beschleunigung der Zirkulation. Leider fehlen zahlenmäßige Daten, welche sich auf die gleichzeitige Veränderung des Sättigungsgrades des Oxyhämoglobins, der Blutzellenzahl und der Viskosität mit zunehmender Höhe beziehen und die eine sichere Antwort auf die Frage ermöglichen würden, ob die Blutzellenzahl bei der Höhenpolyzythämie ebenso einer optimalen Viskosität entspricht, wie 5 Millionen Erythrozyten im Tieflande. Doch führt eine annähernde Schätzung des Heß'schen Koeffizienten zu einem Resultate, aus welchem sich der Anschein der Wahrscheinlichkeit ergibt, daß es sich so verhält.

Würde eine direkte Untersuchung des Gegenstandes in der Tat zu diesem Ergebnis führen, so wäre die Höhenpolyzythämie gegenüber einer Zirkulationsbeschleunigung auch in einem System vorteilhaft, in welchem sich nichts anderes als der Hämoglobingehalt des Blutes, dessen Viskosität und dessen Minutenvolum verändern könnte. Einem solchen kommt das des kleinen Kreislaufs nahe. Dem großen steht aber seine mächtige vasoregulatorische Fähigkeit zur Verfügung, deren volle Bedeutung bei Veränderungen der Blutviskosität aus unseren Erfahrungen in pathologischen Polyzythämien zu erkennen ist. Ich habe mit Bence Vaquez'sche Polyzythämien beobachtet, in welchen weder eine Hypertrophie des linken Ventrikels, noch eine Hypertonie nachweisbar waren und trotz einer Zunahme der Blutviskosität bis zum vierfachen des Normalen, keine Kreislaufinsuffizienzerscheinungen festgestellt werden konnten.

Die Fähigkeit der Kreislauforgane, eine Zunahme der Viskosität im großen Kreislauf auszugleichen, scheint dazu geeignet zu sein, einer Mehrbelastung der linken Kammer durch die Höhenpolyzythämie vorzubeugen.

Wenn aber diese Erwägungen richtig sind so muß wie *Staubli* auseinandergesetzt hat, nach erfolgter Anpassung des Heizens an die Hohenluft das Verhältnis zwischen der Muskelstärke der zwei Heizhälften in der Höhe eine andere als im Tieflande sein. Es wäre sehr erwünscht wenn bei Sektionen in hochgelegenen Orten Untersuchungen stattfinden würden um zu erfahren, ob das menschliche Herz sich dieser Erwartung entsprechend verhält. Aus einigen Untersuchungen an Tieren scheint aber ihre Richtigkeit hervorzugehen. Nach *Strohl* erreicht das Herzgewicht des 2000—3000 m hoch wohnenden Alpenschneehuhns 16,3 % seines Körpergewichtes während das des im Tieflande lebenden Moorschneehuhns bloß 11,92 % seines Körpergewichtes ausmacht. Dabei erreicht beim Alpenschneehuhn die Gewichtszunahme der linken Kammer nur 2/10, die der rechten dagegen 7/10 bis 17/10. Nach *Heger* und *Lampen* verhält sich das Herz von im großen Hohen lebenden Kalbern ähnlich.

Zur starken Belastung der rechten Herzkammer trägt nach *Staubli* noch folgender Umstand bei. Aus den Untersuchungen von *Ewald* und denjenigen die ich mit *Bence* ausgeführt habe ist bekannt, daß die Kohlensäure die Blutviskosität steigert, die Arterialisierung aber diese herabsetzt. Daher hat die rechte Kammer schon im Tieflande eine größere innere Reibung des Blutes zu überwinden als die linke. Da ich gefunden habe daß diese Kohlensäurewirkung mit der Blutzellenzahl zunimmt muß der aus ihr hervorgehende Unterschied zwischen arteriellem und venosem Blute in der Höhe größer sein als im Tieflande. Daß die Höhenveränderungen der Blutviskosität sowie die Verschiedenheit in beiden Blutarten keineswegs unerheblich sein durften kann daraus gefolgert werden daß erstere nach *Determann* und *Staubli* bereits in St. Moritz um rund 11 bis 17 % zunimmt und der Unterschied zwischen der Viskosität des arteriellen und venosen Blutes nach *Burton Opitz* schon im Tieflande 8 bis 12 % ausmacht.

Die Hohenpolyzythämie kann aber nur eine ihr entsprechende Abnahme des Sauerstoffgehaltes kompensieren. Da das Sauerstoffbedürfnis während der körperlichen Arbeit wächst und wie wir aus den Versuchen von *Zuntz*, *Loewy* und ihren Mitarbeitern wissen dieses Wachstum mit der Höhe zunimmt, müssen die auch schon im Tieflande erforderliche Beschleunigung der Zirkulation und Steigerung der Atemtatigkeit während einer gleichen angestregten Muskeltatigkeit mit zunehmender Höhe ebenfalls zunehmen. Damit hängen auch die in der Höhe zunehmende Steigerung der Pulsfrequenz und der Lungenventilation während der Muskelarbeit zusammen. Daß sie in der Tat eine Folge der veränderten Sauerstoffversorgung sind geht aus den Beobachtungen von *Mosso* und *Loewy* hervor. Beide werden nämlich nach Sauerstoffeinatmungen reduziert. Eine Beschleunigung der Zirkulation erfordert aber eine um so bedeutendere vasomotorische Kompensation oder wenn sie wie im kleinen Kreislauf fehlt und vielleicht auch im großen ihre Grenze er-

reicht, eine um so bedeutendere Herzarbeitssteigerung je größer die Blutviskosität ist. Das Verhalten der Hohenpolyzythämie drängt zu einem Vergleich mit den Vorgängen bei der Kompensation von Herzfehlern. Bei raschen Veränderungen des Sauerstoffgehaltes der Luft werden je nach dem Bedarf Blutzellen aus ihrem Depot dem strömenden Blute zugeführt oder entzogen wie das Herz sich in ein plötzlich entstehenden Herzfehler erst auf Kosten seiner Reservekraft anpaßt. Halt über der Hohenaufenthalt in so werden Erythrozyten neugebildet ähnlich wie die Kompensation eines bleibenden Herzfehlers erst durch eine sich allmählich entwickelnde Hypertrophie zu einer dauerhaften wird. Und wie diese Kompensation nur dem Ruhezustand voll entspricht, erweist sich auch die Hohenpolyzythämie bei angestrengter körperlicher Arbeit als insuffizient.

Aus diesen Umständen ist teilweise erklärlich, warum die Leistungsfähigkeit des Menschen nach der Uebersiedelung in größere Höhen abnimmt warum diese Abnahme besonders bei solchen eine sehr ausgesprochene ist, deren Herz weniger adaptionsfähig ist und warum Herzkranken in der untern Grenze der Kompensation das Höhenklima so auffallend schlecht vertragen.

Andererseits folgt aber aus den erörterten Zusammenhängen daß uns in der Auswahl der Höhenlage des Aufenthaltsortes und in einer entsprechenden Regelung der Lebensweise eine Methode gegeben ist, die dauernde Belastung des Herzens und ihre Verteilung auf beide Kammern auf einfache Weise zu beeinflussen. Daß diese Möglichkeit dem Arzte die Elemente einer außerordentlich fein abstufbaren Übungstherapie des Herzens bietet, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden. Mit ihren zahlreichen Höhenkurorten war die Schweiz das geeignetste Land der Welt zur methodischen Ausbildung dieser bis jetzt sozusagen vollkommen unausgenutzten Form der Herzbekämpfung. Zu ihrer Durchführung mußten Kurorte verschiedener Höhe ausgewählt werden und zur Lösung einer gemeinsamen Aufgabe zusammenzutreten. Die Uebersiedelung des noch ungenutzten Herzkranken von einem zum andern durfte erst nach erfolgter Anpassung geschehen. Vielleicht war auch eine Kombination der Höhenkur mit irgendeiner Form der Arbeitstherapie von Nutzen. Vorübergehende Beschwerden konnten außerordentlich prompt durch Sauerstoffeinatmung dauerndere durch Zurückschicken nach einem tiefer liegenden Orte bekämpft werden. Bei der Auswahl der Fälle mußte auch die wahrscheinlich überwiegende Belastung und Übung des rechten Herzens durch das Höhenklima berücksichtigt werden.

Die Hohenpolyzythämie gleicht nur die Abnahme des Sauerstoffgehaltes des arteriellen Blutes aus, während sie die der Sauerstoffspannung nicht korrigieren kann. Ueber welche Möglichkeiten verfügt nun der Organismus um sich auch dieser Wirkung des Höhenklimas anzupassen? Freilich wäre die vollkommenste Form einer Anpassung in der gesteigerten aktiven Sauerstoffaufnahme durch die Lungen gegeben wie sie auf Grund der Bohr'schen Lehre und

eigener Erfahrungen besonders von *Haldane* angenommen wird. Doch wird eine aktive Sauerstoffaufnahme von der Mehrzahl der Physiologen abgelehnt und ist die Entscheidung in dieser Frage noch abzuwarten.

Dagegen gibt es andere Fähigkeiten des Organismus zur Verringerung des im Tieflande gewöhnlich bestehenden Unterschiedes zwischen der Sauerstofftension der Atmosphäre und der der Alveolarluft. *Durig* und *Haldane* betonen die Bedeutung der Tatsache, daß bei gewöhnlicher Atmung die verschiedenen Teile der Lungen nicht gleichmäßig gelüftet werden.

Eine Vertiefung der Atmung, die zu einer vollkommeneren Entfaltung derjenigen Teile der Lungen führt, welche während einer oberflächlicheren Atmung nur wenig ventiliert werden sowie eine Vermehrung des Atemvolums sind diejenigen Veränderungen, welche den Unterschied zwischen dem Sauerstoffdruck der atmosphärischen und der Alveolarluft am einfachsten zu verringern imstande sind. Kommt es in hohen Regionen zur Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft, so sorgt die veränderte Atmung dafür, daß die Abnahme des Sauerstoffdruckes in der Alveolarluft also im Arterienblute gemäßigt werde. Dadurch wird auch die Abnahme des Gehaltes von Sauerstoff im Blute verringert.

Daß die Höhenhyperpnoe eine Folge von Sauerstoffmangel ist, auch wenn sie in ganz mäßigen Höhen erscheint, hat *Loewy* durch den Nachweis gezeigt, daß sie, ähnlich der Höhenpolyzythämie, nach Sauerstoffeinatmung verschwindet. Trotzdem kann sie nicht die unmittelbare Folge einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Blute sein. Die Höhenpolyzythämie genügt reichlich, um einer Abnahme des Gehaltes des Blutes an Sauerstoff trotz der geringeren Sättigung des Oxyhamoglobins vorzubeugen. Außerdem folgt aus der Form der Dissoziationskurve des Oxyhamoglobins, daß die Abnahme seines Sättigungsgrades bei einem mäßigen Höhenunterschied nur eine verhältnismäßig geringe sein kann. Wenn aber die Höhenhyperpnoe in mäßigen Höhen nicht von einer Abnahme des Sauerstoffgehaltes des Blutes herrührt, so muß sie, der Höhenpolyzythämie ähnlich, durch die verringerte Sauerstofftension bedingt sein. Dann gehört aber das Atemzentrum zu denjenigen Organen, deren eigener Sauerstoffdruck minimal ist, deren Sauerstoffversorgung also mit der absoluten Tension im Blute schwankt. Wie ich am Anfange meiner Ausführungen erwähnt habe, verhalten sich nach *Verzar* die ruhenden Muskeln ähnlich, und auch für diejenigen Organe muß ein gleiches Verhalten angenommen werden, welche die Blutzellenzahl regeln. Für den Organismus als Ganzes ist es aber von der allergrößten Bedeutung, daß gerade das Atemzentrum dieser Kategorie der Organe angehört und daß bei der in der Höhe gestörten Harmonie der Sauerstoffversorgung der Organe gerade das Atemzentrum zu denjenigen gehört, die Mangel leiden.

Bei Sauerstoffmangel führt der Stoffwechsel zu einer Vermehrung saurer Produkte. Bekanntlich nimmt aber die Tätigkeit des Atemzentrums mit zunehmender Wasserstoffionenkonzentration zu. Gewöhnlich wird eine solche Zunahme besonders durch eine gesteigerte Kohlensäureproduktion beim arbeitenden Organismus bedingt. Dann führt sie auf dem Wege einer Hyperpnoe zu einer Beschleunigung der Kohlensäureausfuhr und stellt die normale Reaktion des Blutes wieder her. Bei der Hohenpolypnoe verhält sich die Sache anders. In mäßigen Höhen leidet die O₂-Versorgung nur der Organe mit verschwindend geringem eigenem O₂-druck. Daher kommt es in diesen Höhen zu einer lokalen Azidose. Die Hohenhyperpnoe ist die Folge eines lokalen Sauerstoffmangels, einer lokalen Säureproduktion, sie ist wie sich *Winterstein* ausdrückt, zentrogen bedingt. Ein fremder Faktor schiebt sich also in den Mechanismus der Reaktionsregulierung ein und damit hört die in der gewohnten Höhenlage wunderbar vollkommene Harmonie zwischen der Kohlensäureausfuhr und den Bedürfnissen der Reaktionsregulierung auf.

Übersteigt sie den Bedarf, so muß sie zu einer Alkalose führen wie dies von *Haldane* und seinen Mitarbeitern im pneumatischen Kabinett beobachtet worden ist. Ähnliche Beobachtungen wurden in Davos und im Schiahorn auch von *György* erhoben. Die Ausschcheidung der sauren Valenzen im Harn nahm ab und während in Heidelberg nur eine 400 Sekunden dauernde willkürlicher Hyperpnoe eine Alkalose erzeugte, bei welcher es zu Tetaniesymptomen kam, genügten in Davos 90 und im Schiahorn 50—70 Sekunden, um zu diesem Resultate zu führen.

Doch ist das Atemzentrum nicht das einzige Organ, welches gegenüber einer ungünstigen geringen Abnahme des Sauerstoffdruckes empfindlich ist. Auch die Muskeln gehören zu derselben Kategorie. Ein ähnliches Verhalten auch anderer Organe muß aber dem Blute beträchtliche Mengen saurer Produkte zuführen und disponiert zu Azidose im Blut. Überwiegt aber dieser Einfluß über den entgegen gesetzten, so kommt es außer der lokalen Azidose im Atemzentrum gleichzeitig zu einer allgemeinen. Nach ihren Zeichen in mäßiger Höhe hat besonders *Loewy* sorgfältig gefahndet. Zu ihnen gehören die Abnahme der CO₂-Bindungsfähigkeit des Blutes, die der Sauerstoffkapazität des Oxyhamoglobins, die Abflachung seiner Dissoziationskurve usw. Und wie die Azidose im Tieflande auf das Atemzentrum wirkt, muß sie auch ihre Wirkung in der Höhe auch bei bereits bestehender Hyperpnoe entfalten. Daher ist die Arbeitshyperpnoe in der Höhe größer als im Tieflande. Daß ihre Steigerung tatsächlich mit der Abnahme des Sauerstoffdruckes zusammenhängt, hat wie gesagt, *Loewy* mit seinen auch in dieser Beziehung erfolgreichen Sauerstoffeinatemungsversuchen bewiesen.

Wenn aber die allgemeine Azidose die Hohenhyperpnoe steigert, so wirkt die Alkalose in entgegengesetztem Sinne. Daraus erklärt sich vielleicht die Neigung zum periodischen Atmen in der Höhe. Die

Hohenhyperpnoe muß bei gleichzeitig bestehender mäßiger oder gar fehlender Azidose zu einer allmählich zunehmenden Alkalose des Blutes führen welche dann die Azidose des Atemzentrums neutralisiert. Dann hört aber die Ursache der Hyperpnoe auf. Kommt es so zu einer Verflüchtung der Respiration oder gar zu Atempause dann sinkt die Sauerstoffzufuhr und kehrt die Bedingung der Azidose und der Hyperpnoe wieder. Mit der wieder einsetzenden Atmung beginnt dann eine neue Periode.

Die Bedeutung der Störung der Regulation der Blutreaktion ist nicht zu unterschätzen. Wie ich mit *Bence* nachgewiesen habe nimmt das Volum der Blutkörperchen schon zufolge einer geringen Sauerung des Blutes rasch zu. Diese Volumzunahme steigert viel stärker die Viskosität des Blutes als eine gleiche, die durch eine Vermehrung der Zellenzahl verursacht wird. Da die Blutviskosität im Hohenklima das rechte Herz belastet, dürfte diese Folge der Azidose auf die Herz-tätigkeit ebenfalls von Bedeutung sein.

Andersseits steigert die Azidose die Dissoziation des Oxyhamoglobins. Dadurch dürfte sie die Sauerstoffversorgung der Gewebe bessern. Demgegenüber steigert die Alkalose durch die Zurückdrängung der Dissoziation des Hamoglobins den Sauerstoffhunger der Gewebe.

Zu den wissenschaftlichen Großtaten *Claude Bernard's* gehört die Begründung der Lehre der aktiven Regulation der physikalischen und chemischen Eigenschaften des milieu interieur, in welchem die Zellen des hochorganisierten Tieres leben und wirken. Einer der wunderbarsten Äußerungen der Fähigkeit zu dieser aktiven Regulation begegnen wir beim Studium der Anpassungserscheinungen an die Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre. Auf den ersten Blick wurde es so aussehen, als ob diese Anpassung am einfachsten erreicht werden konnte, wenn die Tiefe der Inspiration und die Zunahme des Minutenvolums weit genug gehen würden, um den Sauerstoffgehalt der Alveolarluft bis zu dem im Tieflande zu erhöhen. Doch muß die Anpassung der Atmung weit hinter dieser Grenze zurück bleiben. Wurde sie sie nämlich erreichen so kam es als Nebenwirkung zu einer hochgradigen Alkalose. Durch die Zurückdrängung der Dissoziation des Oxyhamoglobins wurde dann die Sauerstoffversorgung weiter geschnitten und kam es zu einem *Circulus vitiosus*. Diese verhängnisvolle Nebenwirkung einer sehr großen Hyperpnoe wird dadurch vermieden, daß sie zu einer Abnahme der Wassersstoffionenkonzentration führt und diese die Hyperpnoe mäßigt. Die aus diesem Grunde begrenzte und unvollkommene Kompensation der Wirkungen der Sauerstoffverarmung der Atmosphäre löst dann die zirkulatorischen Akkommodationserscheinungen aus, wobei zwischen den sich bietenden Möglichkeiten vom Organismus die Vermehrung der Blutzellenzahl als diejenige gewählt wird, die aus dem Gesichtspunkte der Herzarbeit die ökonomischere ist.

Dabei wird eine gewisse Unsicherheit der Regulation der Blutreaktion nicht vermieden. Bald kommt es zu einer Alkalose, bald zu einer Azidose. Vielleicht ließe sich durch eine entsprechende Auswahl der Höhe, sowie durch eine Regelung der Ernährungsweise und der Muskeltatigkeit nach einem gründlichen Studium des Gegenstandes eine zielbewußte Beeinflussung der Blutreaktion erreichen die auch in der Therapie eine Rolle spielen konnte.

Wenn wir zum Schluß die tiefere Bedeutung der kritierten Tatsachen durchdenken so erkennen wir im Wesen des vollkommenen Angepaßteins des Organismus an seine gewöhnliche Atmosphäre einen Ausdruck des sich immer wieder kundgebenden Grundprinzips des Organismus: Atemgröße, Atemtiefe, optimale Erythrozytenzahl, optimale Blutviskosität, Angepaßteins der Sauerstoffdruckempfindlichkeit der Zirkulationsgeschwindigkeit, Angepaßteins des Erregungszustandes der Vasomotoren in die Blutviskosität, Herzarbeit, relative Muskelstärke der rechten und der linken Herzkammer usw. erscheinen in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit als Elemente eines harmonischen funktionellen Systems das als Ganzes unter dem Einflusse des Sauerstoffdruckes der Atmosphäre steht. Von den Mechanismen welche die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Glieder dieses Systems bedingen haben wir aber noch fast gar keine Ahnung. Vielleicht stehen manche dieser Beziehungen unter dem Einfluß der Blutdrusen wie aus den Untersuchungen von *Mansfeld* zu folgen scheint nach welchen die Voraussetzung der Höhenpolyzythämie die durch den veränderten Sauerstoffdruck beeinflusste Schilddrüsenaktivität ist. Daß das Höhenklima in der Tat auf das endokrinische Gleichgewicht wirkt ist schon aus den günstigen Erfahrungen von *Stiller* zu erkennen die er als erster an seinen in die Titira verschickten Basedowkranken erhoben hat. Dasselbe folgt aus den Untersuchungen von *Gyorgy* über das verschiedene Verhalten der Ueberventilationstetanie in verschiedenen Höhen. Was alles mit einer Verschiebung des selben funktionellen Gleichgewichtes zusammenhängt braucht nicht weiter aus einundagesetzt zu werden. In der großartigen Harmonie der Veränderungen der Organtätigkeiten bei verändertem Sauerstoffdruck wie sie aus den physikalisch-chemischen Folgen des Höhenklimas erkannt werden können erscheint aber die Zusammenfassung der Teile des Organismus zu einer großen Einheit die sich nach außen als eine durch Veränderungen der Umwelt nur schwer beeinflussbare Individualität erweist in heller Beleuchtung.

Ueber die Bedingungen der Blutbildung und des Eisenstoffwechsels

Von Professor Dr. *Leon Asher* Bein

Die Blutbildung ist bisher fast ausschließlich unter dem Gesichtspunkte betrachtet worden daß es sich dabei darum handle, dem menschlichen und tierischen Organismus die erforderliche Menge des Atmungspigmentes und der dieses Pigment enthaltenden Zellen bereitzustellen. Neuere Erkenntnisse führen zur Einsicht daß dies eine zu enge Fassung des Vorganges sei. Die roten Blutkörperchen als Träger des Hamoglobins besitzen nicht bloß die Funktion des Sauerstofftransportes, der Sauerstoffaufnahme und -abgabe, sondern darüber hinaus ist wie namentlich amerikanische Autoren erkannt haben der Inhalt der roten Blutkörperchen eine der wichtigsten Puffersubstanzen zur Aufrechterhaltung der normalen Reaktion des Blutes. Sodann haben die schonen Arbeiten von *Yandell Henderson* die Rolle der Blutkörperchen als sehr in Betracht kommende Lieferanten von dem, was man Alkalireserven des Organismus genannt hat, klar gelegt. Außerdem hat dieser Forscher die Bedeutung der Chloraufnahme und -abgabe durch die roten Blutkörperchen in das hellste Licht gerückt und hat damit die Lehre von den hamatorespiratorischen Funktionen der Blutkörperchen, zu welcher die altern Autoren schon wertvolle Bausteine geliefert hatten, zu einem gewissen Abschluß gebracht.

Die Erweiterung des Funktionsgebietes der roten Blutkörperchen, welche ich kurz skizziert habe, erhöht das Interesse des Physiologen und wohl erst recht des Klinikers für die Fragen der Neubildung des Blutes. Das, was wir als Bildung der roten Blutkörperchen bezeichnen ist in Wirklichkeit das Endergebnis einer Reihe ziemlich verwickelter Vorgänge. Zunächst einmal ist der jeweilige Bestand an roten Blutkörperchen abhängig, sowohl von der Größe der Bildung wie auch der Größe der Zerstörung der roten Blutkörperchen innerhalb eines gegebenen Zeitraumes. Somit läßt sich das Studium der Bildung nicht von demjenigen der Zerstörung derselben trennen. *Eppinger* hat diesen ganzen Vorgang als die Mauserung des Blutes bezeichnet und in seinem schonen Werke über die hepato-linealen

Erklärungen den Stand der Erkenntnisse bis etwa zum Jahre 1919 in klarer Weise dargelegt. Der eigentliche Bildungsvorgang selbst wurde, wenigstens früher, ausschließlich entweder durch die Blutkörperchenzahl oder die Hamoglobinbestimmung verfolgt. Kommt es nur auf das Endergebnis an, so liefern die erhaltenen Werte wohl ein zutreffendes Bild, aber die eigentliche Analyse des Geschehens geschieht auf diese Weise nicht und es muß manches verhüllt bleiben, da es sich um verwickelte Vorgänge handelt. Die Vorgänge, die sich bei der Blutbildung abspielen, sind chemischer und morphologischer Natur. Das Hamoglobin muß bereitet werden und die zelligen Elemente, welche das Hamoglobin aufnehmen sollen, bedürfen der Bildung. Bleiben wir zunächst einmal bei der Entstehung des Hamoglobins, so handelt es sich um die Bildung eines Körpers, dessen Konstitution wir dank den Arbeiten von *Hans Fischer*, *Kuster* und *Piloty*—um nur die letzten Bearbeiter zu nennen—im wesentlichen kennen. Es muß ein Eiweißkörper und ein organischer, eisenhaltiger Farbstoff aufgebaut und zusammengefügt werden. Der Eisengehalt des Farbstoffs, dessen überragende Bedeutung bekannt ist, lenkt unsere Aufmerksamkeit auf den Eisenstoffwechsel. Die Lehre vom Eisenstoffwechsel gehört meines Erachtens an den Anfang jeglicher Betrachtung über die Blutbildung, weil im Vorhandensein des Eisens und der Art des Geschehens an demselben der Anfang und die elementarste Ermöglichungsbedingung der chemischen Seite der Blutbildung vorliegt.

Der erwachsene, gesunde Organismus verfügt über gewisse, offenbar knapp bemessene Eisenmengen. Dies geht deutlich daraus hervor, daß bei mangelnder Zufuhr von Eisen in der Nahrung sofort Eisen eingespart wird, indem die Ausscheidung des Eisens auf einen sehr geringen Wert herabsinkt. Die Eisenausscheidung erfolgt durch den Darm, während die Menge von Eisen, welche auf dem Wege des Harnes den Organismus verläßt, so gering ist, daß sie nicht in Betracht kommt. Bei gesunden Hunden, an denen wir im Berner physiologischen Institut diesbezügliche Untersuchungen anstellten, kamen pro 24 Stunden 1 mg auf den Harn gegenüber 15 mg und mehr im Kot. Die große Befähigung des Organismus haushalterisch mit seinen Eisenbeständen umgehen zu können, geht auch aus den Untersuchungen von *M. Schmidt* hervor, welcher zeigen konnte, daß ein langdauernder Entzug von Eisen erst in einer nachfolgenden Generation in der Anämie sich zu offenbaren braucht. Freilich gilt diese interessante, über das individuelle Leben hinausgehende chemische Beharrungstendenz zunächst nur für das von *Schmidt* benutzte Versuchstier, die Maus. Man wird, ehe weitere Untersuchungen vorliegen, mit einer Übertragung auf andere Lebewesen vorerst zu ruckhaltend sein müssen.

Daß der Darm der eigentliche Ausscheidungsort des Eisens ist, verknüpft die Bedingungen der Blutbildung mit den Zuständen des Darmes. Sobald durch irgendwelche krankhafte Prozesse eine abnorm

gesteigerte Exkretion veranlaßt wird, kann die Eisenausscheidung und somit letzten Endes die Blutbildung beeinflußt werden.

Die Zurückhaltung des Eisens ist, entsprechend der Bedeutung dieses Stoffes für den Organismus ein Lebensvorgang insofern er funktionell geregelt wird. In erster Linie dient die Milz dieser Regulierung. In zahlreichen Untersuchungen, die sich bis auf die jüngste Zeit erstrecken, konnte im Berner physiologischen Institut gezeigt werden, daß die Milz Eisen, welches im Stoffwechsel frei wird dem Organismus erhält um das Eisen im Falle des Bedarfs zur Verfügung zu stellen. Wird die Milz entfernt, so steigert sich die tägliche Eisenausscheidung im Kot. An milzlosen Tieren ist die Eisenausscheidung besonders groß wenn die Versuche so geleitet werden, daß der Organismus körpereigene Stoffe abbauen muß und zwar in erhöhtem Maße als unter normalen Bedingungen. Die gesteigerte Eisenausscheidung kann zu Anämie führen was wohl diejenigen Beobachtungen erklärt welche nach Milzexstirpation eine Anämie feststellen. Diese Anämie läßt sich beheben wenn man dafür sorgt daß der Organismus reichlich das in Verlust gehende Eisen durch die Nahrung ersetzt erhält. Es kann aber auch der zu große Eisenverlust und somit die drohende Anämie durch die gesteigerte oder Ersatzfunktion anderer Organe verhütet werden. In erster Linie fällt diese Funktion der Leber zu. Sowohl die Arbeiten von *Iepöhne* wie diejenigen von *Chevalier* haben auf histologischem Wege den Beweis dafür geliefert daß zellige Elemente in der Leber — es handelt sich um die retiko endothelialen Zellen *Aschoffs* oder die *Siderozyten* *Chevaliers* — in erhöhtem Maße sich am Eisenstoffwechsel beteiligen. Es kommen aber wenn auch wohl in geringerem Umfange andere Organstationen in Betracht. Die Befähigung zur Anteilnahme am Eisenstoffwechsel ist dem Grade nach und dem Umfange nach für die einzelnen Individuen und je nach der Tierart durchaus verschieden. Konstitutionellen Momenten kommt eine noch nicht genügend übersehbare Bedeutung zu. Nicht bloß histologisch sondern auch chemisch lassen sich die geänderten Beziehungen gewisser Organe zum Eisenstoffwechsel nach Exstirpation der Milz erkennen. *Fominagu* zeigte vor kurzem in meinem Institut daß nach Entfernung der Milz der Eisengehalt der Leber und der Niere mit mikrochemischen Methoden untersucht, sehr wesentlich zunimmt. Die beiden Fälle haben eine verschiedene Bedeutung. Die Steigerung des Eisengehaltes der Leber ist Ausdruck erhöhter kompensatorischer Funktion während der gesteigerte Eisengehalt der Niere wohl der Ausdruck verminderten Zurückhaltungsvermögens ist, wie es auch histologisch *Lepeöhne* an milzlosen Ratten beobachten konnte. Letzteres deshalb, weil die Ratten eine Ausnahmestellung einnehmen indem bei ihnen die Niere durch die Milzexstirpation stark in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Wir werden später in anderem Zusammenhang nochmals auf die Milz zurückkommen und Versuchsbedingungen schildern, wo infolge Zurückdrängung der Kompensationsmöglichkeiten

im Organismus die große Bedeutung der Milz für die Blutbildung klar zutage tritt. Diese Bedeutung liegt jedoch nicht in der Richtung des eigentlichen Bildungsprozesses, sondern in der Richtung des hier erörterten Eisenstoffwechsels. Die Elementarbedingung, die Bereitstellung des Eisens ist auf das Tiefgehendste gestört, und zwar in noch tieferer Weise als durch Eisenmangel in der Nahrung. Wir haben hier ein beachtenswertes Beispiel dafür, daß endogene Störungen viel nachhaltiger wirken als exogene.

Die Frage des Eisenstoffwechsels und der Blutbildung kreuzen sich noch einmal bei dem Verfolg des Themas der therapeutischen Beeinflussung von Anämien durch Eisen. Die Aufgabe des Vortragenden muß sich naturgemäß auf die Berücksichtigung von tierexperimentell mit gesicherten Methoden gewonnene Ergebnisse beschränken. *Whipple* dem wir sehr zahlreiche und wertvolle Untersuchungen über Blutregeneration verdanken, hat in neuester Zeit sehr beachtenswerte Befunde erhoben. Er konnte zeigen, daß nach experimentell erzeugter, kurz dauernder Anämie Eisenmedikation in Form von *Blaud*'schen Pillen auf die Blutkörperchenregeneration und Hämoglobinbildung ohne jeglichen Einfluß, während im Gegensatz hierzu bei einer schweren und auf lange Zeit aufrecht erhaltenen Anämie die Eisenmedikation auf die Blutbildung äußerst günstig wirkte. Meines Erachtens erklärt sich die Wirkungslosigkeit der Eisenmedikation bei den weniger hochgradigen Anämien aus dem Walten der vorhin genannten endogenen Kompensationsmöglichkeiten, die hingegen bei den schwersten Anämien den an sie gestellten Aufgaben ohne Beihilfe nicht mehr gewachsen sind.

Der Eisenstoffwechsel wird meist ausschließlich unter dem Gesichtspunkte betrachtet, daß er in der Fortschaffung oder Aufstapelung des aus Hämoglobin freigewordenen Eisens und aus der Herbeischaffung von Eisen in der Nahrung im Dienste des Hämoglobinaufbaues besteht. Dies scheint aber nicht die einzige, wenn auch die quantitativ stärkste, Seite des Eisenstoffwechsels zu sein. Die Bedeutung des Eisenstoffwechsels nach einer ganz andern Richtung hin, erhellt aus den neuesten Erfahrungen über die jetzt sicher nachgewiesene extrahepatische Bildung von Gallenfarbstoff am vollständig leberlosen Hund von *Mann* und *Magath*. Wenn es so feststeht, daß andere Gewebe als die Leber Hämoglobin bis zu eisenfreien Pigmenten abbauen, so fragt es sich, welche funktionelle Bedeutung diesem Abbau zukommt. Ich möchte mich in dieser Hinsicht der Auffassung von *Otto Warburg* anschließen, daß überall bei den Oxydationsprozessen in den tierischen Zellen Eisen der Katalysator sei. Folglich müssen den Zellen die, wenn auch minimalen Quantitäten des Eisenkatalysators zur Verfügung gestellt werden. Dieser Aufgabe dient wohl zum Teil der geringfügige Abbau von Hämoglobin in allen Körperzellen und dieser Abbau macht dieselben für eine gewisse Zeit unabhängig von der Eisenzufuhr in der Nahrung.

Bei der Bedeutung, die wir dem extrahepatischen Hamoglobinabbau beimessen, schien es nicht uninteressant, denselben quantitativ zu verfolgen. Es hat daher jüngst in meinem Laboratorium Herr Professor *Calvo Criado* aus Valladolid den Hamoglobinabbau verschiedener Gewebsextrakte in vitro spektrophotometrisch untersucht. Er fand, daß nicht bloß Leberextrakte, sondern auch andere Gewebsextrakte Hamoglobin rasch abbauen. Der Leber am nächsten stehend erwies sich bemerkenswerterweise Extrakt aus menschlicher Haut. Von neuem konnte *Calvo Criado* bestätigen, wie sehr ein Zusatz von Milzextrakt zu Leberextrakt den Hamoglobinabbau verstärkt. Man wird diese Tatsache bei der Bewertung des Anteils, den die Milz an Blutbildung und Eisenstoffwechsel besitzt, nicht vernachlässigen dürfen.

Bereitstellung und Erhaltung von Eisen hatten wir als eine der Bedingungen der Blutbildung erkannt. Aber es ist nicht die einzige und wohl auch nicht die wesentlichste. Denn zur Bildung des komplexen Körpers Hamoglobin und zu dem zur Bildung der zelligen Elemente, welche das Hamoglobin enthalten sollen, gehören noch andere Faktoren. Diese Faktoren sind nicht ausschließlich biochemische, sondern auch konstitutionelle, indem sie die Unversehrtheit und die variable Leistungsfähigkeit der blutbildenden Gewebelemente beanspruchen. Diese blutbildenden Gewebe müssen einerseits auf ihre Eigenleistungsfähigkeit hin untersucht werden, andererseits auf ihre etwaige Abhängigkeit von den Momenten, welchen der funktionelle Zusammenhang des Organismus mit sich bringt. Die experimentelle Prüfung aller dieser Fragen geschieht am besten durch Herstellung von Bedingungen, welche eine Neubildung von Blut für den normalen Fortbestand des Organismus erfordern. Hohe und Sauerstoffmangel, diese beiden interessanten Bedingungen werden von Herrn Kollegen *Burker* behandelt werden. Ich werde mich daher auf die Betrachtung der experimentell gesetzten Anämien beschränken. Die experimentelle Anämie erfordert die Neubildung von Blut und der Organismus erfüllt diese Forderung auch, ja, es gewinnt sogar den Anschein, als ob die Anämie ein fordernder Antrieb zur Neubildung sei, vorausgesetzt, daß es sich um einen normalen Organismus handle und die Milieubedingungen sich nicht allzu weit von der Norm entfernen. Man ist bei Verfolg der dargelegten Beziehungen, die dem Pflüger'schen teleologischen Gesetz zu folgen scheinen, demzufolge das Bedürfnis die Bedingungen zur Befriedigung desselben schafft, zur Auffassung gelangt, daß bei der Anämie und auch bei dem Zerfall von Blutkörperchen Reizstoffe entstehen, welche die blutbereitende Stätte zur starkern Blutbildung anregen. Wohl die schönste Entdeckung in dieser Richtung ist diejenige der Hamatopoietine, die von *A. Loewy* gemacht worden ist. Es gelang ihm dadurch, daß er Tiere zwei Tage lang andauernd unter Unterdruck hielt, im Blute Stoffe nachzuweisen, welche eine viel wirksamere Regeneration anämischer Tiere erzeugte als bei anämischen Kontrolltieren. Die Rich-

tigkeit der *Lawy*'schen Angaben konnte Dr. *Nakao* in meinem Institut vollständig bestätigen. Die *Lawy*'schen Hamatopoietine liefern uns ein wirksames Reizmittel, um die Leistungsfähigkeit der blutbildenden Apparate zu prüfen und bezeichnen unsere derartigen Hilfsmittel die sich bisher auf die bloße Anämie, den Sauerstoffmangel und das experimentell herbeiführbare Unvermögen zu ergiebiger Oxydation beschränken.

Hat man durch Blutentzug Anämie erzeugt, so ist man in der Lage namentlich die Ernährungseinflüsse auf die Regeneration des Blutes zu prüfen. In seinen schon vorhin erwähnten Versuchen über Blutregeneration bei hochgradiger experimentell herbeigeführter Anämie ist *Whipple* mit seinen Mitarbeitern u. a. auf den Einfluß der Ernährung auf die Blutregeneration eingegangen. Sie konnten zeigen, daß Fütterung mit Rinderleber bei schwersten Anämien eine maximale Regeneration von Hämoglobin und roten Blutkörperchen hervorruft. Reichliche Fütterung mit Rinderleber, zwei Wochen lang durchgeführt, vermochte 90—100 g Hämoglobin über den sogenannten Ernährungsfaktor zu erzeugen. *Whipple* ist der Meinung, daß die außerordentlich günstige Wirkung der Leberfütterung auf ihren Gehalt an Pigmentvorstufen beruhe. Ob diese Meinung den Tatbestand erschöpft, sei vorläufig noch dahingestellt, es lassen sich noch andere Möglichkeiten zur Erklärung der günstigen Wirkung von Leberfütterung denken. Viel geringer wirkte Fütterung mit Rinderherzen und noch geringer wirkte mageres Rinderfleisch. Nur in den kurz dauernden Anämieversuchen erwies sich die Fütterung mit Rinderfleisch einigermaßen günstig. Die geringe Befähigung des Fleisches zur Blutregeneration entspricht nicht ganz der wohl vielfach vertretenen Annahme eines solchen, zu der man wegen des Fischgehaltes und wegen des Pigmentes in den Muskeln, dessen genauere Beziehungen zum Hämoglobin immer noch nicht hinreichend geklärt sind, gelangt ist.

An einer Klimatologentagung ist es wohl angebracht, daß auch der Experimentalforscher die klimatischen Faktoren nicht ganz übergeht, die an der Blutbildung beteiligt sind. Freilich sind dessen Möglichkeiten nach dieser Richtung hin Erfahrungen zu machen, beschränkter als diejenigen des Arztes. Immerhin ist auch im Tierexperiment sehr deutlich erkannt worden, daß Licht und Luft sehr wichtige Faktoren sind, um die Blutbildung zu beeinflussen. Es möge nicht auf Einzelheiten eingegangen werden, aber es sei doch darauf hingewiesen, daß neuerdings der große Einfluß der Strahlung auf eine andere Funktion desjenigen Gewebes erkannt worden ist, dem im erwachsenen Zustande die eigentliche Blutbildung zukommt, nämlich dem Knochen. Wir wissen, daß die im Tierexperiment erzeugte Rachitis und verwandte Abartungen der normalen Knochengestaltung im günstigen Sinne durch das Licht beeinflusst werden können. Ja, amerikanische Autoren gehen sogar so weit — meiner Meinung nach nicht ganz mit Recht —, daß sie jene eigenartigen Knochenmißbil-

dungen, welche von *Basch Klose* und *Matti* an ganz frühzeitig thymektomierten Tieren beobachtet wurden, ausschließlich als Stallprodukte auffassen, die bei genügend Licht, Luft und Bewegung nicht auftreten

Da das Knochenmark beim ausgewachsenen Tier die Hauptbildungsstätte des Blutes ist, erscheint es als eine der nachstlegendsten Aufgaben, zu untersuchen von welchen Bedingungen die Leistungsfähigkeit des Knochenmarks als blutbildendem Organ abhängt. Mogen Nährstoffe und Milieubedingungen noch so günstig sein, sie vermögen nichts zu bewirken, wenn die blutbildenden Elemente biologisch unwertig sind. Es sei mir vergönnt, auf neu erforschte korrelative und konstitutionelle Abhängigkeiten des blutbildenden Apparates einzugehen, mit denen wir uns im Laufe der letzten Jahre am Berner physiologischen Institut beschäftigt haben. Vergleicht man nach einer experimentell gesetzten Anämie bei einem Normaltier und einem schilddrüsenlosen Tier den Verlauf der Blutregeneration, so ist dieselbe beim schilddrüsenlosen Tier, welches sonst unter ganz gleichen Bedingungen lebt und keinerlei Krankheitserscheinungen zeigt, wesentlich verzögert. Diese Verzögerung wird noch erheblich größer, wenn außer der Schilddrüse noch die Thymus entfernt wird. In recht exakter Weise läßt sich die Unterwertigkeit des schilddrüsenlosen und thymuslosen Tieres mit Hilfe der *Loewy*schen Hamatopoietine darlegen. *Nakao* und ich fanden, daß am schilddrüsen- und thymuslosen Kaninchen die Hamatopoietine fast gänzlich versagten. Nicht bloß diese Tatsache, sondern auch andere Erfahrungen leiten zu dem Schlusse, daß die Unterwertigkeit des Knochenmarks es ist, welche sich in der Reaktionsfähigkeit gegenüber den Hamatopoietinen dokumentiert. Experimentell ließ sich dies auf folgende Weise sichern, oder zum Mindesten sehr wahrscheinlich machen. Injizierten wir nukleinsaures Natrium, so kam es am Normaltier zu einer Hyperleukozytose, zu einer Vermehrung derjenigen lymphatischen Zellen, die als Knochenmarksgebilde angesprochen werden. Auch diese Reaktion schwindet, sobald die Schilddrüse und die Thymus entfernt worden sind. Die konstitutionelle Veränderung infolge Wegnahme von diesen beiden Organen mit innerer Sekretion ist so tiefgreifend, daß die Frage aufgeworfen werden konnte, ob wirklich nur die Unterwertigkeit des Knochenmarks die Ursache für das Darniederliegen der Blutbildung sei. Angesichts dieses Bedenkens hat *Nakao* noch durch die histologische Untersuchung den Beweis erbracht, daß das Bild des Knochenmarks nach Nukleinsäureinjektion beim Normaltier und beim schilddrüsenlosen und thymuslosen Tier ein verschiedenes ist.

Die mitgeteilten Erfahrungen lehren, daß Schilddrüse und Thymus einen maßgebenden Einfluß auf das Vermögen zur Blutbildung besitzen, wobei der Schilddrüse der Hauptanteil zufällt. Aber auch die Milz besitzt einen eigenartigen Einfluß auf die Blutbildung, wobei die Verhältnisse ziemlich verwickelt sind. Wir hatten

früher schon gesehen, daß die Entfernung der Milz wegen des Eisenverlustes ungünstig auf die Blutbildung wirken kann, wenn dieser Verlust nicht kompensiert wird. Es gibt jedoch noch einen andern Weg, um den ungünstigen Einfluß der Milzexstirpation auf die Blutbildung zu erkennen. Derselbe besteht darin, daß man der Exstirpation der Schilddrüse und der Thymus noch diejenige der Milz hinzufügt. Handelt es sich dabei um Tiere, denen bei den vorausgehenden Untersuchungen, nach Exstirpation der beiden erstgenannten Organe, mehrfach Blut zu Untersuchungszwecken entzogen worden ist, so gehen die Tiere nach der Milzexstirpation unfehlbar in kurzer Zeit zugrunde. Die Veranlassung hierzu ist die, daß die der drei Organe beraubten Tiere die Blutentzüge, die zur Untersuchung erforderlich sind, nicht ertragen. Solche Erfahrungen scheinen der Ansicht recht zu geben, daß die notwendige Folge einer Milzexstirpation eine Anämie sei. In Wirklichkeit liegen die Dinge aber ganz anders, denn andrerseits wirkt die Milzexstirpation fördernd auf die Blutbildung ein. In erster Linie sei die von Nakao und mir gefundene Tatsache hervorgehoben, daß die nach Schilddrüsen und Thymusexstirpation verschwundene Reaktion auf Nukleinsäure wie derkehrt, wenn zudem noch die Milz entfernt wird. Auch die histologische Untersuchung des Knochenmarks zeigt deutlich die Wiederkehr der Anspruchsfähigkeit des Knochenmarks. Ähnliches läßt sich auch hinsichtlich der Hamopoietinwirkung konstatieren. Die Reaktionslosigkeit des schilddrüsen- und thymuslosen Tieres gegenüber den Hamopoietinen weicht einer deutlichen Anspruchsfähigkeit, allerdings geringer als unter normalen Bedingungen, wenn die Milzexstirpation hinzugefügt wird. Um aber diesen günstigen Einfluß der Milzexstirpation erkennen zu können, bedarf es in der Vorperiode der äußersten Zurückhaltung mit den Blutentzügen. Meiner Auffassung nach beruht das Zugrundegehen der Tiere nach der dreifachen Exstirpation und mehrfachem Blutentzug darauf, daß eine ganze Reihe von Körperfunktionen, von denen einige keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der Blutbildung haben, so sehr beeinträchtigt werden, daß der Organismus den ihm gestellten Aufgaben nicht mehr gewachsen ist. Die primäre Wirkung des bloßen Milzentzuges ist, wenn man von dem Einfluß auf den Eisenstoffwechsel absieht, eher eine fördernde auf die Blutbildung, bezw. auf die Erhaltung einer bestimmten Hamoglobinnmenge. Dies lehrt schon Pughese's frühere Beobachtung von der Abnahme der Gallenfarbstoffbildung durch die Milzexstirpation, denen sich eine Reihe von Erfahrungen aus dem Berner physiologischen Institut anschloß, welche zu dem Schlusse führten, daß die Milz einen regulierenden Einfluß auf die Blutbildung im Sinne der Hemmung ausübe. Es ist der Fortfall dieser Hemmung, der sich in der Wiederkehr einer gewissen Funktionstüchtigkeit des Knochenmarks offenbart, wenn die Milzexstirpation auf diejenige der Schilddrüse und der Thymus folgt. Von den frühern Beweisen, welche wir für einen gewissen hemmen-

den Einfluß der Milz erbracht haben, sei der erwähnt, daß *Sollberger* und ich fanden, daß nach kleinem Blutentzug das milzlose Tier rascher und übermäßiger Blut regeneriert, wenn nur dafür gesorgt wird, daß hinreichend Eisen in der Nahrung zur Verfügung steht

Das Ovarium zeigt im Tierexperiment keine erkennbaren Beziehungen zur Blutbildung und namentlich nicht zum Eisenstoffwechsel. Bei Tieren, denen man das Ovarium exstirpiert hat, zeigt sich im Eisengehalt des Blutes und der verschiedenen Organe, wie *Tominaga* fand, kein Unterschied gegenüber dem normalen weiblichen Tier.

Das Problem der Blutbildung ließe sich noch von manchen Seiten her beleuchten, wie es gegenüber einem so verwickelten biologischen Prozeß, wie die Blutbildung einer ist, sich ziemt. Ich habe mich auf solche Fragen des Problems beschränkt, denen augenblicklich besonders die Aufmerksamkeit der experimentellen Forscher zugewendet worden ist. Wenn ich in diesem engen Rahmen habe zeigen können, daß Bedingungen der Ernährung, Bedingungen des äußern Milieus und Bedingungen der Konstitution, wie sie namentlich von Drusen mit innerer Sekretion geschaffen werden, für die Blutbildung bedeutungsvoll sind, so möge dies wenigstens das Gute an sich haben, daß offenbar wird, wie selbst ein scheinbar einfacher biologischer Vorgang erst richtig gewürdigt werden kann, wenn man ihn in seinem natürlichen Zusammenhang mit dem Getriebe des Gesamtorganismus zu betrachten und zu bringen versteht.

Das Blut unter dem Einfluß des Hohenklimas

Von Professor Dr. K. Burker Gießen

Das experimentelle Studium der physiologischen Wirkungen des Hohenklimas auf das Blut ist so recht ein Beispiel dafür, von welchen Zweifeln und Noten auch die Wissenschaft gepackt werden kann. Die anfänglich behauptete starke Wirkung dieses Klimas auf das Blut ist später vermißt, von Skeptikern sogar ganz geleugnet worden. Vor gerade 15 Jahren, im August und September 1910, haben wir hier im Sanatorium Schatzalp nach jahrelanger Vorbereitung der Methodik und unter Benutzung der damals besten Apparate eine Entscheidung herbeizuführen versucht¹⁾, und ich möchte mir erlauben darzulegen, ob diese Entscheidung auch für heute noch zutrifft oder nicht. Es sei mir ferner gestattet, auf die Ergebnisse neuerer hamatologischer Untersuchungen hinzuweisen, die nicht ohne Bedeutung für das weitere Studium der physiologischen Wirkungen des Hohenklimas auf das Blut sein dürften.

Das Resultat der während 4 Wochen an 4 Versuchspersonen taglich durchgeführten Blutuntersuchungen war, daß alle, welche den Höhenwechsel durchgemacht und unter dem Einfluß des Hohenklimas gestanden hatten, ihr Hamoglobin (Hb) absolut vermehrt hatten, und zwar um 7,8—10,7 %.

Die Versuchsperson mit dem von vornherein geringsten Hb-gehalt hatte am stärksten, die mit dem höchsten am schwächsten reagiert. Die Zunahme auf der Schatzalp war schon am Tage nach der Reise deutlich ausgesprochen, vorübergehend kam es aber in den nächsten Tagen zu einer Abnahme, der ein definitives, fast stetiges Ansteigen folgte. In der zweiten Woche wurde ein Höhepunkt erreicht, der in der dritten und vierten ziemlich beibehalten oder auch noch etwas überschritten wurde. Nach der Rückkehr ins Tiefland sank der Hb-gehalt bei allen Versuchspersonen, aber viel weniger als er

¹⁾ K. Burker, E. Joos, E. Moll und E. Neumann. Die physiologischen Wirkungen des Hohenklimas. II. Die Wirkungen auf das Blut geprüft durch tägliche Erythrocytenzählungen und tägliche qualitative und quantitative Haemoglobinbestimmungen im Blute von vier Versuchspersonen während eines Monats. Zeitschr. f. Biologie 61: 379 1913.

beim Uebergang ins Hochgebirge gestiegen war, und zeigte gar einen Monat später höhere oder fast gleich hohe Werte wie im Hochgebirge

Daß es sich dabei um absolute und nicht um relative Aenderungen handelte, ging schon daraus hervor, daß Hb-gehalt und Erythrozytenzahl nicht in gleichem Maße zunahmen. Durch Refraktometrie des Plasmas bzw. Serums konnte seitdem auch festgestellt werden, daß eine Eindickung des Blutes nicht in Betracht kommen kann. Auch um eine Auspressung von Plasma aus dem Gefäßsystem oder um eine Ansammlung von Erythrozyten in den peripheren Gefäßen handelt es sich im wesentlichen nicht, denn, wie früher schon *A. Jaquet* und *F. Suter* bei Kaninchen, hat neuerdings *F. Laquer* bei sich selbst eine Zunahme des Gesamt Hb konstatiert.

Es ist mir keine unterdessen erschienene Arbeit bekannt geworden, welche zu Zweifeln an den erzielten Resultaten Anlaß geben konnte.

Was die *Erythrozytenzahl* betrifft, so reagierten alle drei Versuchspersonen mit einer Zunahme, aber die Versuchsperson mit der von vornherein niedersten Erythrozytenzahl reagierte am stärksten, mittlere wöchentliche Zunahme im Maximum 11,5%, während die beiden andern mit an sich hohen Erythrozytenzahlen schwächer reagierten, Zuwachs nur 4,6 bzw. 4,0%.

Der Gang der Zunahme scheint ein ähnlicher zu sein wie beim Hamoglobin, es war dies nur bei der Unmöglichkeit, jeden Tag vier mal 320 Quadrate auszuzählen, nicht genau festzustellen, im allgemeinen pflegt die Erythrozytenzahl labiler als der Hb-gehalt zu sein. Auffallend war, wenigstens bei zwei Versuchspersonen, die starke Nachwirkung einen Monat nach der Rückkehr ins Tiefland.

Auch diese die Erythrozytenzahl betreffenden Resultate stehen nicht im Widerspruch mit seither erzielten Werten, fanden vielmehr mehrfach Bestätigung. Bei schwächlichen Versuchspersonen mit kleiner Erythrozytenzahl im Tiefland pflegt die Reaktion stärker zu sein. Daß die *Thoma-Zeiß'sche* Zählkammer bei der gewöhnlichen Art der Zusammensetzung zu hohe Erythrozytenzahlen gibt, darauf sei noch besonders hingewiesen.

Der für hamatologische Untersuchungen so wichtige *mittlere Gehalt eines Erythrozyten an Hamoglobin* (Hb_L-gehalt) zeigte bei den verschiedenen Versuchspersonen ein bemerkenswert verschiedenes Verhalten. Die kleinere und leichtere Versuchsperson hielt an dem Ausgangswert $30,3 \cdot 10^{-12}$ g auch im Hochgebirge ziemlich fest, sie vermehrte also Hb-gehalt und Erythrozytenzahl in gleichem Maße und hat damit ihr Hamoglobin auf eine größere Oberfläche ausbreitet. Bei den größeren und schwereren Versuchspersonen stieg, prozentisch berechnet, der Hb-gehalt fast doppelt so stark als die Erythrozytenzahl an, so daß also der Hb_E-gehalt zunehmen mußte und zwar um 6,0, bzw. 4,4%. Auffallend war bei letzteren Versuchs-

personen auch die starke Nachwirkung einen Monat nach der Rückkehr ins Tiefland

Diese Ergebnisse decken sich im allgemeinen mit den von *M. M. Craandyk* und *W. Knoll* erzielten

Damit scheint mir die Frage nach dem Ausmaß der physiologischen Wirkungen des Höhenklimas auf den Hb-gehalt und die Erythrozytenzahl des Blutes für die Höhe von Davos geklärt zu sein. Daß dabei die Luftdrucksenkung und Sauerstoffverarmung das ursächliche Moment für diese Blutveränderung abgibt, dürfte nunmehr sicher sein, da künstlich im Tiefland bewirkte Luftdrucksenkung zu den gleichen Resultaten führt und Atmung von reinem Sauerstoff, wie das schon *A. v. Koranyi* gezeigt hat, sie wieder rückgängig macht. Die Dissoziationskurve des Oxyhamoglobins kann für die Beurteilung des funktionellen Geschehens allein nicht maßgebend sein, der Sauerstoff muß doch im bewegten Erythrozyten die Lipoidmembran des selben und die aus Zellen bestehende Kapillarwand passieren, um zu den Körperzellen zu gelangen. Ich glaube auch annehmen zu dürfen, daß die Sonnenstrahlung der wir uns bei unsern Versuchen nicht besonders ausgesetzt hatten, ohne wesentlichen Einfluß auf den Hb-gehalt und die Erythrozytenzahl ist, denn Strahlungsversuche mit der künstlichen Hohen Sonne, die *K. Berner* in der Chirurgischen Klinik in Tübingen durchführte, ließen bei Anwendung meiner Methodik keine Einwirkung auf Hb-gehalt und Erythrozytenzahl erkennen, wohl aber auf die Leukozyten. Ob der Angriffspunkt des Reizes direkt im Knochenmark oder, wie *G. Mansfeld*, *M. Gutstein* und *L. Asher* und seine Schule es annehmen, in der Schilddrüse zu suchen ist, die ihrerseits hormonal auf das Knochenmark einwirkt, bedarf noch der definitiven Entscheidung.

Nun zu einigen neueren Ergebnissen, die, auf das unter dem Einfluß des Höhenklimas stehende Blut angewendet, vielleicht Einblick in die feineren Vorgänge bei der Blutreaktion im Hochgebirge gewähren.

Bei vergleichenden Blutuntersuchungen im Gießener Physiologischen Institut hat sich uns ein auffallendes Gesetz ergeben, welches folgendermaßen lautet:

Ist die mittlere absolute Erythrozytenzahl und der mittlere absolute Hb-gehalt bei Menschen und bei Säugetieren auch noch so verschieden, so fällt doch auf die Einheit der Oberfläche aller Erythrozyten, auf $1 \mu^2$, die ungefähr gleiche Hamoglobinnmenge von $317 \cdot 10^{-14}$ g oder mit anderen Worten, es verhalten sich die mittleren absoluten Hb-gehalte beim Menschen und bei den Säugetieren wie die Quadrate der Durchmesser ihrer Erythrozyten. Es sei dieses Gesetz Hamoglobin-Verteilungsgesetz genannt.

$$\text{Es ist also } \frac{\text{Hb}_E}{O_E} = \text{konstant} = 317 \cdot 10^{-14} \text{ g}$$

und ferner der Hb_F -gehalt für ein Säugetierblut lediglich aus dem mittleren Durchmesser seiner Erythrozyten auf Grund folgender Beziehung zu ermitteln

$$Hb_{Ds} = \frac{Hb_{Em} \cdot D_s^3}{D_m^2}$$

worin Hb_{Em} den bekannten Hb_E gehalt des menschlichen Erythrozyten, D_m den bekannten Durchmesser desselben und D_s den gemessenen mittleren Durchmesser des betreffenden Säugetiererythrozyten bedeutet. *Das Hamoglobin ist also in einer auffallend gleichmäßigen Weise auf die Oberfläche von Menschen und Säugetiererythrozyten verteilt und diese Verteilung muß zweifellos einen tieferen biologischen Sinn haben*

Es fragt sich nun, wie verhält sich das Blut in dieser Beziehung im Hochgebirge, bleibt das Hamoglobin pro μ^2 Oberfläche konstant oder nimmt es zu oder ab? Eine genauere Antwort läßt sich darauf noch nicht geben, da meines Wissens vergleichende Untersuchungen über die Dimensionen der Erythrozyten im Tiefland und Hochgebirge zusammen mit Hb Bestimmungen und Erythrozytenzahlungen nicht vorliegen. In jüngster Zeit wurden im Gießener Physiologischen Institut durch *L. Horneffer* die Werte für 20 Studenten und 20 Soldaten im Alter von 20—30 Jahren bestimmt, um Standardwerte für das Tiefland zu gewinnen, die folgende Tabelle enthält die erzielten Resultate

Mittlere Werte gewonnen aus der Untersuchung von	Hämoglobin in g in 100 ccm Blut	Erythrozytenzahl in Millionen in 1 cmm Blut	Mittlerer Hämoglobingehalt eines Erythrozyten in 12 g	Mittlerer Durchmesser eines Erythrozyten in μ	Mittlere Oberfläche eines Erythrozyten in μ^2	Hämoglobin pro μ^2 Oberfläche in 10—14 g
	Hb	E	Hb _E	D _E	O _E	$\frac{Hb_E}{O_E}$
20 Studenten	16,25	5 00	33	8 15	104 4	31
20 Soldaten	15 80	4 92	32	8 14	104 0	31
Gesamtmittel	16 03	4 96	32 5	8 15	104 2	31

Jedenfalls kommt es unter dem Einfluß des Hohenklimas zu einer *Vergrößerung der sauerstoffübertragenden Oberfläche des Blutes* und es wäre nicht ohne Interesse diese Oberfläche in *Beziehung* zu anderen funktionell wichtigen Oberflächen, wie zur *respiratorischen Oberfläche der Lungen* und zur *Sauerstoff durchlassenden Oberfläche der Kapillaren* zu bringen

Daß in der Tat eine Korrelation zwischen Oberflächen besteht, welche funktionell mit einander zu tun haben wurde früher schon

von mir und meinen Mitarbeitern *R. Ederle* und *F. Kircher* gezeigt. Verkleinert man nämlich die respiratorische Oberfläche der Lungen durch einseitigen Pneumothorax, so geht offenbar kompensatorisch die Sauerstoff übertragende Oberfläche im Blute in die Höhe, es besteht also eine *funktionelle Koppelung dieser Oberflächen*. Man wird in Hinsicht auf die Untersuchungen von *A. Krogh* erwarten dürfen, daß eine solche Koppelung auch gegenüber der Sauerstoff durchlassenden Oberfläche der Kapillaren hergestellt ist. Jedenfalls ergeben folgende Ueberschlagsrechnungen bemerkenswerte Beziehungen.

Nehmen wir einmal an, der Aortenquerschnitt betrage 8 cm^2 bzw. 800 mm^2 , was einem inneren Durchmesser von 32 mm entsprechen würde. Der Gesamtquerschnitt der aus der Aorta hervorgehenden *Körperkapillaren* sei 500mal größer als der der Aorta selbst, dann wäre die Zahl dieser Kapillaren bei einem Durchmesser der Kapillare von 10μ auf etwa *5 10 Milliarden* zu schätzen, hintereinander angeordnet wurden diese Kapillaren, von denen jede im Mittel etwa $0,5 \text{ mm}$ lang ist, ein *Kapillarrohr von 2550 km Länge* ergeben.

Die innere Oberfläche einer Kapillare errechnet sich zu $0,0157 \text{ mm}^2$, die *5 10 Milliarden Kapillaren des Körperkreislaufes* wurden also dem darin befindlichen Gesamtblute eine *Oberfläche von 80 m^2* darbieten. Diese innere Oberfläche ist 1,6 millionenmal größer als die eines gleich langen Stückes Aorta, sie ist ferner von etwa der selben Größenordnung wie die *innere respiratorische Oberfläche der Lungen*, die zu 90 m^2 angegeben wird.

Bei einem Inhalt der $0,5 \text{ mm}$ langen Kapillare von $0,0000393 \text{ mm}^3$ beträgt die Erythrozytenzahl in diesem Volumen Blut etwa 197 und die Oberfläche dieser Erythrozyten, die eines Erythrozyten zu $125 \mu^2$ angenommen, $0,0246 \text{ mm}^2$, ist also von derselben Größenordnung wie die innere Oberfläche der Kapillare selbst von $0,0157 \text{ mm}^2$. Die Kapazität der *5 10 Milliarden Kapillaren des Körperkreislaufes* beträgt $0,20 \text{ l}$ Blut oder etwa $\frac{1}{25}$ des Gesamtblutes mit einer *Oberfläche der darin befindlichen Erythrozyten von 125 m^2* .

Für den *Gasaustausch in den Kapillaren* ist es nun von fundamentalen Bedeutung, daß dort die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut strömt, bei dem 500mal größeren Gesamtquerschnitt 500mal kleiner als in der Aorta sein muß und nur $0,8 \text{ mm}$ pro Sekunde beträgt, der Erythrozyt verweilt also etwas über $0,6$ Sekunde in der Kapillare. Es fragt sich nun, ob in dieser kurzen Zeit der Gasaustausch vor sich gehen kann, das muß, jedenfalls was den Sauerstoff betrifft, bejaht werden, denn vor den Kapillaren zeigt das gelbrote Blut, mit dem Mikroskop beobachtet, das Spektrum des Oxyhamoglobins, hinter den Kapillaren das blaurote Blut aber das Spektrum des reduzierten Hamoglobins, es ist aber auch das des Oxyhamoglobins noch sehr deutlich zu sehen. Die für die Sauerstoffabgabe zur Verfügung stehende Zeit ist eben doch recht kurz.

Welch *besondere Verhältnisse* übrigens hier bei der *Feinheit der Kapillaren* vorliegen, ergibt sich aus einer neuerdings von *O. Zoth* durchgeführten Berechnung, nach der 1 mm³ Blut nicht weniger als 4 Stunden und 27 Minuten braucht, um den Querschnitt einer Kapillare zu passieren

Die vorausgehenden Berechnungen legen die *Annahme einer Anpassung der Sauerstoff übertragenden Oberfläche des Blutes an die Sauerstoff durchlassende Oberfläche der Kapillaren* nahe. Ob letztere regulatorisch wie erstere veränderlich ist, bedarf noch genauerer Untersuchungen, nach den *Krogh'schen* Beobachtungen muß man es annehmen

Demnach stehen in *funktioneller Beziehung zu einander* die *respiratorische Oberfläche der Lungen* mit 90 m² die *Sauerstoff übertragende Oberfläche des in den Kapillaren befindlichen Blutes* von 125 m² und die *Sauerstoff durchlassende Oberfläche der Kapillaren* von 80 m², man sieht, die doch nur schätzungsweise anzugebenden Werte liegen in der Größenordnung, im Mittel etwa je 100 m², einander nahe, was kein Zufall sein kann. Es empfiehlt sich wohl, solche Oberflächen funktionell gekoppelte Oberflächen zu nennen, und es fragt sich nun, wie sie sich unter dem Einfluß des Hohenklimas verhalten, muß doch alle diese Oberflächen der so lebenswichtige Sauerstoff auf dem Wege zu den Körperzellen passieren. Ich erlaube mir daher, das *Problem* aufzustellen, das funktionelle Geschehen in den Kapillaren auch in Hinsicht auf das *Hämoglobin Verteilungsgesetz* genauer zu verfolgen, um die physiologischen Wirkungen des Hohenklimas auf das Blut dem Verständnis noch näher zu bringen

Klima und Stoffwechsel

Von Fritz Laquer

Es bedarf keiner großen Ueberlegung, um zu erkennen, daß auf die Frage, in welcher Weise das Klima auf den Stoffwechsel einwirkt, mindestens ebenso viele Antworten möglich sind, als es verschiedene Klimata gibt, wahrscheinlich aber noch mehr. Denn auch auf der Seite der Wirkungen, eben dem, was wir Stoffwechsel nennen, finden wir eine Fülle untenscheidbarer Faktoren, die durchaus nicht immer einheitlich auf die verschiedenen Klimareize reagieren.

Ferner hat sich in neuerer Zeit der Schwerpunkt der Stoffwechselforschung selbst vielfach verschoben. Von der Bilanz des *Gesamtstoffwechsels* sind wir auf der Einnahmenseite ebensogut über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Nahrungsstoffe unterrichtet, wie wir auf der Ausgabenseite ihre endgültigen Umwandlungen als Arbeitsleistung, Warmeabfuhr und ungenutzte Ausscheidung beobachten und messen können.

Aber der auf eine nie zu Ende kommende analytische Unterteilung eingestellte wissenschaftliche Erkenntnisdrang begnügt sich nicht, um im kaufmännischen Bilde zu bleiben, mit den beiden Soll- und Habenseiten des Hauptbuches. Er will möglichst Kenntnis haben von jedem Einzelvorgang des Getriebes. Hierzu muß man sich in das neuere, wesentlich unentwickeltere und verwickeltere Gebiet des *intermediären* Stoffwechsels begeben, um mit zum Teil völlig andern Methoden Aufschlüsse über die verschlungenen Wege zu gewinnen, welche die Moleküle der Nahrungsstoffe innerhalb des Organismus einschlagen, ehe sie endgültig als Stoffwechselendprodukte ausgeschieden werden.

Fragenstellungen und Methoden des intermediären Stoffwechsels sind bisher, soviel ich sehe, nur im *Hohenklima* experimentellen Untersuchungen zugrundegelegt worden. Am Schluß meines Vortrages werde ich mir erlauben, gerade auf dieses Gebiet etwas ausführlicher einzugehen. Vorher möchte ich Ihnen einen gedrängten Ueberblick, dessen Luckenhaftigkeit ich mit der notwendigen Kürze zu entschuldigen bitte, darüber geben, was man von den Einwirkungen der verschiedenen Klimata auf den Gesamtstoffwechsel weiß.

Bei diesen Untersuchungen wurden zunächst berücksichtigt der *Grundstoffwechsel* worunter man bekanntlich den Kalorienverbrauch eines nüchternen Menschen bei völliger Korperruhe versteht. Er läßt sich leicht aus Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureproduktion errechnen. Oft schließen sich hieran Untersuchungen des *Arbeitsstoffwechsels* bei denen festgestellt wird, ob zur Leistung bestimmter leicht meßbarer Arbeiten unter den verschiedenen klimatischen Einflüssen unterschiedliche Warmemengen notwendig sind mit anderen Worten mit welcher Oekonomie die Körpermachine in dem betr. Klima arbeitet. Die Untersuchung des *Bau-stoffwechsels* erstreckt sich meist nur auf das Schicksal der Eiweißkörper, eine positive oder negative Stickstoffbilanz entscheidet im allgemeinen mit genügender Sicherheit darüber, ob der Körper wichtiges Zellmaterial verbraucht oder neues bildet oder sich im Gleichgewicht befindet. Andere Untersuchungen über den Schwefel, den Phosphor, den Mineralstoffwechsel usw. sind wesentlich seltener ausgeführt worden. Wir können sie außerhalb unserer Betrachtungen lassen, besonders da sie zum Teil an anderen Stellen der Tagung gewürdigt werden.

A. Der Gesamtstoffwechsel

1. Das Tropenklima

Ueber das *Tropenklima* um mit dem uns hier am fernsten liegenden zu beginnen existieren ziemlich viele Untersuchungen, schon wegen der großen praktischen Bedeutung, welche die Frage nach der klimatischen Wirkung der Tropen für alle Völker hat, welche Kolonien besitzen oder besessen haben.

Hinsichtlich des *Grundstoffwechsels* ist die Beantwortung nicht ganz einheitlich ausgefallen. Auf der einen Seite stehen die langjährigen Untersuchungen des bekannten Beri-Beri-Forschers *Eijkman*, der in Niederländisch-Indien bei Eingeborenen und Europäern den gleichen Erhaltungsumsatz von 40 Kal. pro kg Körpergewicht fand wie im gemäßigten Klima. Auch die Durchschnittsnahrung der dort lebenden Bevölkerung ist unter Berücksichtigung ihrer beruflichen Arbeit in ihrem Kaloriengehalt nicht wesentlich von der unsrigen unterschieden. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch *Caspari* und *Schilling* in Westafrika.

Demgegenüber stellte *Almeida* in Brasilien sowohl bei Eingeborenen wie bei Europäern eine Herabsetzung des Grundumsatzes um 34% fest, eine Differenz, die allerdings in späteren Veröffentlichungen auf etwa 15% heruntergeschraubt wurde. Auch *Knipping* kam zu der Ansicht, daß nach vielmonatlichem Tropenaufenthalt der Grundstoffwechsel von Europäern unter die Norm sinke, während er anfänglich gesteigert sei. Viel leicht verhalten sich die Klimata in den verschiedenen tropischen Gegenden nicht gleichmäßig. Es ist auch sehr gut möglich, daß die einzelnen Individuen unterschiedlich reagieren, wobei vielleicht endokrin bedingte konstitutionelle Unterschiede eine Rolle spielen. Hierauf hat *Balfour* neuerdings wieder zusammenfassend hingewiesen. Von berufener Seite werden wir über dieses Thema noch unterrichtet werden.

Dafür, daß körperliche Arbeit besonders vom Europäer in den Tropen unökonomischer geleistet wird als in den gemäßigten Zonen, spricht schon die praktische Erfahrung über die Unmöglichkeit europäischer Arbeiter in der teilweise mächtig aufblühenden überseeischen Industrie zu beschaffigen. *Eijkman* fuhr das vor allem auf die höhere Außentemperatur zurück. Denn in Holland angestellte Gaswechselversuche beim Radfahren ergaben eine beträchtliche Zunahme des Energieverbrauches, sobald die Temperatur des Raumes die Grenze von 22° (C) überschreitet. Nach demselben Forscher besteht die Ueberlegenheit des farbigen Eingeborenen gegenüber dem Weißen darin, daß er bei körperlicher Arbeit, ohne starker schwitzen zu müssen, von der Haut aus größere Warmemengen abgeben kann als der Europäer.

Änderungen der Stickstoffbilanz sind im Gegensatz zu den älteren Angaben *Glogners* von keinem der späteren Untersucher bestätigt worden. Die einzigen hier unternommenen Tierversuche hat jüngst *Lundstrom* in einem künstlichen Tropenklima angestellt. Mehrere Generationen hindurch in feuchter Hitze gezogene weiße Mäuse blieben im allgemeinen etwas im Wachstum zurück.

Mit dem Stoffwechsel im *Wustenklima* das hier kurz anzuschließen ist, wobei betont sei, daß es sich vom Tropenklima in sehr wesentlichen Punkten vor allem im Feuchtigkeitsgehalt der Luft unterscheidet — beschäftigt sich soweit ich sehe nur eine einzige Expedition, die *Loewy*, *Biedl*, *Wohlgemuth* und *Schweizer* 1914 nach Ägypten führte. Ihre Ergebnisse sind bisher nur teilweise veröffentlicht worden. Im großen und ganzen ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede, vor allem keine Steigerungen des Gesamtstoffwechsels gegenüber dem gemäßigten Klima. Der Gesamtumsatz war bei drei Teilnehmern herabgesetzt, die Ausnutzung der Nahrung war die gleiche wie in Berlin, die Stickstoffbilanz war genügend. Wasserzufuhr vorausgesetzt, negativ ein Mitglied berichtet über eine bemerkenswerte Steigerung seiner am Ergographen gemessenen Leistungsfähigkeit.

2. Das Seeklima

Wesentlich reicher ist wieder das Material, das über die physiologischen Wirkungen des Seeklimas zusammengearbeitet worden ist. Hierbei hat sich herausgestellt, vor allem aus den Untersuchungen von *Loewy*, *Müller*, *Cronstein* und *Bornstein*, daß die Einwirkungen auf den Stoffwechsel außerordentlich verschieden sind, je nach der Stärke mit der man die kräftigen Klimareize des Meeres auf sich wirken läßt. Die stärkste Steigerung des Gaswechsels findet man nach Seebädern, sie ist noch mehrere Stunden nach dem Bade festzustellen.

Bestimmt man dagegen den Stoffwechsel auf hoher See wie das *Luntz* und *Dunq* auf der Ueberfahrt nach Teneriffa an Bord ihres Schiffes, so findet man keine wesentlichen Erhöhungen, weder im Gesamt- noch im Eiweißstoffwechsel.

In den letzten Jahren hat sich die Seeklimaforschung unter starker Betonung sozialer Gesichtspunkte besonders mit schwächlichen und unterernährten Kindern in Seehospizen beschäftigt (*Müller*, *Haeberlin*, *Kestner* und viele andere). Hierbei wurden gewaltige Steigerungen des Nettoumsatzes beispielsweise von 1500 auf 2700 Kal. pro Tag festgestellt, oft begleitet von einem erfreulichen N, S. und P. Ansatz.

Gerade bei diesen und ähnlichen Messungen hat man häufig versucht, das Klima als solches möglichst frei von Nebenwirkungen herauszuschälen, beispielsweise an der See den Einfluß von Licht- und Luftreizen auszuschalten, im Hochgebirge wo uns genau die gleichen Fragen begegnen werden, ebenfalls die starken Hautreize und die mit dem Bergsteigen verknüpften körperlichen Anstrengungen.

M. H. Diese Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenwirkungen des Klimas oder vielleicht richtiger gesagt zwischen unvermeidbaren Klimafaktoren, die unter allen Umständen auf den Menschen einwirken, und vermeidbaren, die man mehr oder weniger freiwillig aufsuchen kann oder nicht scheinen mir etwas künstlich zu sein, von Theoretikern am Schreibtisch ausgedacht.

In der Praxis und die Klimaforschung muß sich auch nach praktischen Gesichtspunkten richten, kommt glücklicherweise ein Klima ohne Nebenwirkungen nicht vor. Wer an die See geht, macht nicht die Fenster zu, sondern läßt Licht und Luft herein, läuft am Strande umher und nimmt Seebäder, wenn es sein körperlicher Zustand gestattet. Auch im Hochgebirge sind diejenigen, die sich nur einmal schnell mit der Bergbahn in die Höhe befördern lassen, um sich dann weiterhin wieder die Berge von unten anzusehen, immer noch sehr in der Minderzahl. Auch

hier lassen die meisten alle Klimafaktoren möglichst ungehemmt auf sich wirken und verstaiken diese erstrebte Wirkung noch durch Bergsteigen nach dem Maße ihrer körperlichen Kräfte und technischen Fähigkeiten

Die Frage, ob ein ganz bestimmter Faktor sagen wir eine bestimmte Strahlung an der See oder die Luftverdunnung im Hochgebirge, den Stoffwechsel in einer bestimmten Richtung beeinflußt, mag wissenschaftlich mitunter wichtig und auch beantwortbar sein. In der Praxis kommen derartige Einzelwirkungen nicht vor und auch in der Klimatherapie lassen sie sich kaum je ganz isoliert anwenden

3 Das Hohenklima

Wie bereits erwähnt, ist auch im Hochgebirge häufig diese Unterscheidung zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Klimawirkungen gemacht worden. Die vereinzelt Stoffwechseluntersuchungen, die im Mittelgebirge vorgenommen wurden, darf ich hier um so eher übergehen, als dem Mittelgebirgsklima eine besondere Besprechung schon zuteil geworden ist

Bei völliger Ausschaltung aller Nebenwirkungen, bezw. vermeidbarer Klimafaktoren, scheinen sich bezüglich des Hohenklimas die einzelnen Menschen außerordentlich unterschiedlich zu verhalten. Während der Grundumsatz bei manchen Versuchspersonen schon in 1000 m Höhe eine Steigerung erfährt, findet man bei andern Menschen selbst in 4000 m Höhe keine wesentlichen Änderungen im Gaswechsel. Dies sind aber seltene Ausnahmen. Im allgemeinen sind in diesen Höhen Zunahmen von 30—50 % zu beobachten. Am Anfang des Hohenaufenthalts scheint die Steigerung starker zu sein, allmählich tritt eine gewisse Gewöhnung an die neuen Reize auf. Als Ursache sind die verschiedensten Faktoren herangezogen worden, Der Sauerstoffmangel, die starke Lichtwirkung im allgemeinen, gewisse Strahlungsarten im besondern, die niedrige Temperatur, das Stickoxydul *Kestner's usw.*

Daß in großen Höhen Körperarbeit sehr viel mühsamer auszuführen ist, als in den mittlern Gebirgslagen oder in der Ebene, wird den meisten Bergsteigern fühlbar, sobald sie ungefähr die 3000 m Grenze überschreiten. Es sind hierüber zahlreiche exakte Messungen vorgenommen worden, auf deren Einzelheiten ich natürlich nicht eingehen kann. Erwähnt sei nur, daß schon in 2900 m Höhe die Zunahme des Energieverbrauches beim „Gehen auf horizontaler Bahn“ durchschnittlich 11 %, in 4560 m Höhe bereits 20 % beträgt. Diese und andere Erkenntnisse über die physiologischen Wirkungen des Hohenklimas verdanken wir vor allem den ersten, schon vor vielen Jahren unternommenen Expeditionen von *Zuntz, Loewy* und ihren Mitarbeitern. Sie wurden durchgeführt unter zum Teil außerordentlich primitiven Bedingungen, in kleinen Schutzhütten, aus denen man notdurftig Hohenlaboratorien improvisiert hatte, nicht ohne schwere persönliche Anstrengungen und Entbehrungen der Beteiligten. Dank dem edlen Wettstreit aller Nationen, vor allem derjenigen, die alpines Gebiet umfassen, sind die neuern Forschungen in modern eingerichteten Instituten für Höhenforschung wesentlich

vereinfacht und erleichtert worden. Vor allem sind auch von englischer und amerikanischer Seite aus die Hochgebirge der neuen Welt in ihren physiologischen Wirkungen gründlich durchforscht worden. Aber die in den ersten Pionierarbeiten geschaffenen Grundlagen sind unverändert geblieben.

Auch hinsichtlich des N Stoffwechsels bestehen große individuelle Unterschiede. Im allgemeinen tritt häufiger Stickstoffretention, bezw. eine echte Neubildung von Korpereiweiß auf, als das Gegenteil, auch wenn man den muskelfordernden Einfluß ausgedehnter Bergwanderungen möglichst ausschaltet. In den Hohen allerdings, die bereits bei vielen Menschen eine empfindliche Störung des Allgemeinbefindens hervorrufen, mag man sie nun als „Bergkrankheit“ bezeichnen oder nicht, besonders wenn das Wetter schlecht, die Ernährung mangelhaft und die Unterkunftsverhältnisse höchst ungemütlich sind, hat man auch schon recht starke Stickstoffverluste feststellen können. Die *Loewy* neuerdings auch in niedrigen Höhenlagen beobachtet hat. Hier ubt also der Sauerstoffmangel, der dabei wohl die erste Rolle spielt, bereits eine ungünstige Wirkung aus, und es erhebt sich die Frage, wie weit dieser Faktor überhaupt für die Änderungen, die der Stoffwechsel im Hochgebirge erfährt — hinsichtlich der Blutveränderungen haben wir von anderer Seite genaueres gehört — als die alleinige oder die Hauptursache anzusehen ist.

B. Der intermediäre Stoffwechsel im Höhenklima

Gerade von dieser Seite vom Sauerstoffmangel, aus beginnt die Frage nach den Stoffwechselwirkungen größerer Höhen sich allmählich, wie bereits eingangs erwähnt, auch auf den intermediären Stoffwechsel auszudehnen. Aus der mehr physikochemischen Einstellung der gegenwärtigen Forschung heraus hat sich hier langsamerhand die Formulierung ergeben. Tritt im Hochgebirge eine — ich möchte fast sagen um zwei Schlagworte zu gebrauchen — Azidosis oder Alkalosis auf.

Zur Antwort hierauf muß ich ein klein wenig weiter in ein den meisten von Ihnen allerdings nur zu bekanntes Gebiet ausholen.

Wie man weiß, bilden sich bei jeder Muskelzuckung größere Mengen Milchsäure, die in einer späteren Phase wieder verschwinden, teils durch Oxydation zu Kohlensäure und Wasser, teils durch Wiederaufbau zu Kohlenhydrat, ein Vorgang, der aber nur bei genügender Sauerstoffversorgung der Muskulatur vor sich geht. Ist dieselbe ungenügend, so tritt Milchsäure ins Blut über, wodurch sein Milchsäurespiegel auf das 4—5fache des normalen Wertes von 10—20 mg, also auf 80 mg und mehr ansteigt. Dies tritt bei jeder erschöpfenden Muskelanstrengung ein und ist der Grund dafür, daß gewisse Sportsleistungen — beispielsweise der Schnellauf mit einer Geschwindigkeit von über 8 m in der Sekunde — nur ganz kurze Zeit durchgehalten werden können. Denn man muß bald dem Organismus eine genügend lange Erholungsperiode gönnen, damit er sich dieser überstromenden

Milchsauremengen durch Oxydation, Kondensation oder Exkretion entledigen kann. Besonders amerikanische und englische Arbeiten, von *Hill* und seinen Schülern, haben uns in den letzten Jahren recht genau hierüber unterrichtet.

Welchen Einfluß übt nun die infolge des relativen Sauerstoffmangels der Muskulatur im Blute kreisende Milchsaure auf das dort vorhandene Saure Basengleichgewicht aus?

Im allgemeinen ist die Reaktion, das heißt die Wasserstoffionenkonzentration, des Blutes festgelegt durch seinen Gehalt an Kohlensäure, welche teils als gelöste CO_2 , teils als Bikarbonat gebunden vorliegt, in erster Linie an Natrium, und zwar so, daß der Quotient dieser beiden Konzentrationen konstant bleibt, mithin direkt einen Ausdruck für die Blutreaktion darstellt

$$\frac{\text{H}_2 \text{ CO}_3}{\text{Na HCO}_3}$$

Wird im Körper mehr *Kohlensäure* gebildet eben infolge lebhafterer Muskeltätigkeit, so vergrößert sich der Zähler dieses Bruches. Das Blut wird saurer. Eine gesteigerte Azidität reizt das Atemzentrum zu einer lebhafteren Lungenventilation, die bekanntlich auf den zehnfachen Wert der Ruheatmung ansteigen kann. Hierdurch wird so viel Kohlensäure herausventiliert, bis wieder die normale Kohlensäurekonzentration im Blute eingetreten ist. Diese können wir entweder direkt im Blute bestimmen oder an der Kohlensäurespannung der Alveolarluft erkennen, mit der sich die Kohlensäure des Blutes nach der Annahme der meisten Forscher in ungehindertem Austausch befindet.

Etwas ganz anderes jedoch geschieht wenn die infolge ungenügender Oxydationen angehaufte *Milchsaure* ins Blut übertritt. Da sie nicht flüchtig ist kann sie aus dem Blute durch gesteigerte Lungenventilation nicht herausbefördert werden, sondern sie kreist zunächst im Körper weiter und entzieht dem Bikarbonat des Blutes einen Teil seines Alkalis, einen Vorgang, den man auch als Verminderung der Alkalireserve bezeichnet. Hierbei entsteht im Blute, und zwar diesmal durch Verkleinerung des Nenners unseres obigen Quotienten, eine erhöhte Azidität. Wiederum erhält das Atemzentrum neue Reize, die es wiederum mit einer gesteigerten Lungenventilation beantwortet, bis sich von neuem das normale Verhältnis zwischen Kohlensäure und Bikarbonat eingestellt hat. Nur mit einem Unterschiede gegenüber dem erst erwähnten Falle der Kohlensäureüberladung des Blutes. Da ein Teil des früher dem Bikarbonat zur Verfügung stehenden Alkalis durch die erhöhte Blutmilchsaure beschlagnahmt bleibt muß auch der Zähler des oft erwähnten Quotienten kleiner werden, als vorher, wenn der Ausdruck wieder seinen alten konstanten Wert zurückgewinnen soll. Mit andern Worten. Es ergibt sich eine geringere Kohlensäurespannung im Blute und mithin auch in der Alveolarluft.

Mit Recht wird also die herabgesetzte Kohlensäurespannung der Alveolarluft in den meisten Fällen aufgefaßt als ein Zeichen für die oben skizzierten Vorgänge, die man auch als „kompensierte Azidosis“ bezeichnet

Schon lange bevor man durch die Arbeiten *Wintersteins*, *Hasselbalchs* sowie zahlreicher englischer und amerikanischer Forscher klarere Einblicke in die oben skizzierten Vorgänge gewonnen hatte, die übrigens schon in den achtziger Jahren teilweise von *Zuntz* und *Loewy* ganz klar erkannt waren, war man zu der Ansicht gekommen, auch im *Hochgebirge* müsse eine sogenannte Azidosis vorhanden sein. Denn dort herrsche, wenigstens von gewissen Höhen ab, Sauerstoffmangel der zwangsläufig zu einer Ueberschwemmung des Körpers mit Milchsäure führe. Allerdings hat man die Milchsäurewerte des Blutes selbst zunächst nicht gemessen, aus einer nicht ganz gerecht fertigten methodischen Zurückhaltung heraus. Man hat ihr Auftreten aber aus verschiedenen indirekten Anzeichen, deren Einzeleroiterung hier zu weit führen würde, erschlossen. Vor allem aber fand man auch im Hochgebirge eine Herabsetzung der Kohlensäurespannung der Alveolarluft, die sogar einen der Verminderung des Luftdrucks entsprechenden gesetzmäßigen „Gang“ erkennen ließ, wo mit die genannte Beweiskette eindeutig geschlossen erschien.

Leider fehlt ihr ein sehr wichtiges Glied. Es finden sich im Höhenklima nämlich keine erhöhten Milchsäurewerte des Blutes. Ich selbst konnte im ruhenden Organismus weder in 1600 m, noch in 2300 m, noch in 2900 m, noch schließlich in 4560 m Seehöhe wesentliche und konstante Erhöhungen feststellen, jedenfalls nicht in dem Ausmaße, daß sie zur Erklärung der angeblichen Azidoseerscheinungen ausreichten.

Ja selbst bei muskularen Arbeitsleistungen waren weder hier in *Davos* noch auf dem 2300 m hohen *Fluela Paß* stärkere Steigerungen des Milchsäuregehaltes im Blute festzustellen, vorausgesetzt, daß die körperliche Anstrengung — es handelte sich um einstündiges Radfahren mit einer mittlern Geschwindigkeit — nicht bis zur Erschöpfung fortgesetzt wurde. Pumpt man dagegen den Organismus aus, bis es nicht mehr weiter geht, so findet man schon in der Ebene Vermehrungen der Milchsäure auf das Drei- bis Vierfache, wie man mit Leichtigkeit feststellen kann, beispielsweise wenn man den Milchsäuregehalt des Blutes unmittelbar nach allerschnellstem Treppauf- und Treppablaufen bestimmt, auch wenn es nur 5 Minuten gedauert hat.

Hier klafft also eine Lucke, zu deren Ueberbrückung zahlreiche Versuche angestellt worden sind. Ihre Einzeleröiterung muß an dieser Stelle unterbleiben. Nur einen radikal entgegengesetzten Lösungsversuch möchte ich noch kurz mitteilen.

Herabsetzung der Kohlensäurespannung der Alveolarluft ist bedingt durch eine übermäßige Steigerung der Atmung. Diese braucht aber nicht immer durch einen Ausschlag der Blutreaktion, bezw. der

Wasserstoffionenkonzentration im Atemzentrum, nach der sauren Seite hin verursacht zu sein. Auch willkürlich kann der Mensch stark ventilieren. Hierbei wird durch Auswaschen der Kohlensäure aus dem Organismus der Zähler unseres oft erwähnten Bruches kleiner. Der Nenner bleibt unverändert. Sein Wert, Ausdruck für die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes, sinkt. Wir bekommen eine echte *Alkalosis*, die sogar pathologische Erscheinungen, das Bild der Hyperventilationstetanie, hervorrufen kann. Aber auch ohne den bewußten menschlichen Willen kann dann eine zum Auswaschen von Kohlensäure führende Steigerung der Lungenventilation eintreten, wenn das Atemzentrum abnorm erregbar ist. Tatsächlich ist eine solche Erregbarkeitssteigerung im Atemzentrum von verschiedenen Forschern für das Hochgebirge angenommen worden. Dann wäre die Herabsetzung der alveolaren Kohlensäurespannung im Hochgebirge erklärt, auch ohne das Vorhandensein abnormer Säuren im Blute, die — wenigstens was die Milchsäure betrifft — einfach nicht nachzuweisen sind. Daß aber andere, im normalen intermediären Stoffwechsel unbekannte Säuren gerade im Hochgebirge bei gesunden Menschen auftreten sollten, ist so unwahrscheinlich, daß es trotzdem schon behauptet worden ist. Jedenfalls kann ich mir unter dem sagenhaften „respiratory X“ einiger Autoren nur solch' eine neue Spekulationssäure vorstellen.

Bedauerlicherweise erklärt diese Theorie, nach der im Hochgebirge eine Alkalosis auftritt, zwar die verminderte alveolare Kohlensäurespannung, nicht aber eine Reihe anderer Erscheinungen, vor allem das verminderte Sauerstoff- und Kohlensäurebindungsvermögen des Blutes. Es ist eingewendet worden, daß gerade die beiden letzt erwähnten Bestimmungsmethoden viel genauer seien als diejenigen, die uns zur Feststellung des Milchsäuregehaltes im Blute zur Verfügung stehen. Tatsächlich ist die beobachtete Abflachung der Kohlensäurespannungskurve des Blutes im Hochgebirge so groß und konstant, daß an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt werden kann. Wenn aber diese Abnahme des Kohlensäurebindungsvermögens und das muß besonders betont werden, ausschließlich oder überwiegend auf dem Erscheinen intermediärer Säuren im Blute beruhte, so mußte ihr nach allen bisherigen Erfahrungen ein durchschnittlicher Milchsäuregehalt von 50—60 mg % entsprechen. Diese Werte können nach unsern jetzigen Methoden in 10 ccm Blut mit absoluter Sicherheit und hinreichender Genauigkeit gemessen werden, wenn sie vorhanden waren. In Wirklichkeit findet sich aber nur $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ der theoretisch geforderten Menge.

Hier fallen wiederum die experimentellen Feststellungen in zwei unvereinbare Gruppen auseinander, und es ist mir auch an dieser Stelle nicht möglich, eine befriedigende Lösung der noch heftig umkämpften Frage zu geben.

Die Ursache für das immer unerfreuliche Eingeständnis etwas nicht, oder hoffnungsfreudiger gesagt noch nicht zu wissen, scheint

mir in diesem Falle erstens daran zu liegen, daß noch immer nicht genügend experimentelles Material zusammengetragen worden ist. Vor allem scheinen mir gute Milchsäurebestimmungen im Blute in größern Höhen zu fehlen unmittelbar nach genau dosierter Arbeit parallel mit entsprechenden Vergleichsversuchen in der Ebene.

Zweitens glaube ich, daß vielfach nur bestimmte Größen gemessen worden sind. Entweder lediglich die Kohlensäurespannung oder nur die Reaktion im Blute oder im Urin usw. usw. während nur die gleichzeitige Messung möglichst verschiedenartiger Werte am gleichen Objekt unter den gleichen Bedingungen, die sicherlich nicht ganz einfache Sachlage klären konnte.

Versöhnen muß Sie der Eindruck, daß es auch auf dem Gebiete der klimatischen Stoffwechselforschung noch eine Menge zu tun gibt. Wem die Probleme, welche die verschiedenen Klimawirkungen dem Gesamtstoffwechsel stellen, zu abgeforscht erscheinen, der kann sich auf die verschlungenen Pfade der intermediären Vorgänge begeben, von denen ich Ihnen hier nur ein ganz kleines Beispiel skizzenhaft vor Augen stellen konnte. Auf diesem Gebiete ist noch sehr viel mehr interessant und unbekannt.

-

Klima und pathologischer Stoffwechsel

Von *Alfred Guggen* Basel

Einer Aufforderung der Leitung der klimatologischen Tagung folgend gebe ich nachstehend eine kurze Uebersicht über den Einfluß des Klimas auf den pathologischen Stoffwechsel. Ich werde dabei fast ausschließlich das Höhenklima berücksichtigen.

Atmung, Kreislauf und Stoffwechsel sind als ein physiologisches System anzusehen. Insuffizienz des einen Teils kann mit Hilfe eines andern ausgeglichen werden. Ein Regulator dieses großen Systems ist das Nervensystem, das, man vergesse es nicht, ständig, d. h. unter allen möglichen Lebensbedingungen einwirkt, und auch unter pathologischen Verhältnissen niemals ausgeschaltet werden kann. In den äußerst komplizierten Vorgängen, die bei Gesunden und Kranken unter der Einwirkung z. B. des Höhenklimas eintreten, ist es manchmal nicht möglich anzugeben, welche Veränderungen die primären Erscheinungen darstellen — die, wie ein Zunder alle übrigen Vorgänge nach sich ziehen.

Beim Aufstieg vom Meeresniveau nimmt der Luftdruck allmählich ab, der O₂-Gehalt der Luft, die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur sinken. Dagegen nimmt die Sonnenstrahlung zu, und zwar konstatiert man im Hochgebirge einen relativ größeren Gehalt an kurzwelligem, d. h. violettem und ultraviolettem Strahlen.

Betrachten wir zuerst als Hauptfaktor den Luftdruck und den O₂-Gehalt der Luft.

Versetzt man ein Kaninchen plötzlich unter verminderten Luftdruck z. B. von 748 mm (Basel) auf 600 mm Hg (zirka 2000 m Höhe) — oder reist ein gesunder Mensch gemächlich mit der Bahn von Basel nach Davos oder höher, so wurden bisher folgende wichtige Stoffwechselveränderungen gefunden. Wie die Versuche von *Loewy* überzeugend nachgewiesen haben, nimmt die alveolare CO₂-Spannung ab, z. B. von 40 mm auf 23 mm Hg. Zweitens nimmt die Atmungsgröße zu (6 Liter statt 5 Liter). Drittens scheint eine wenn auch geringe Steigerung des Gesamtstoffwechsels stattzufinden (*Jaquet, Zuntz, Loewy*).

Diese Erscheinungen sind ziemlich sichere Folgen des verminderten Luftdruckes und wie Prof. *Loewy* nachwies, des verminderten O₂-Gehaltes der Luft im Hochgebirge. Diesen Veränderungen müssen

selbstverständlich Veränderungen im Organismusinnern selbst entsprechen, und es wäre für die Pathologie wichtig, diese letzteren in greifbarer Form zu erhalten und zu lokalisieren

Nun ergibt sich, daß vor allem die Steigerung der Atmungsgröße und die CO Spannung sehr rasch nach kurzer Einwirkung des verminderten Luftdruckes auftreten, es handelt sich um eine unmittelbare Folge — sagen wir — des Hochgebirges. Solche Variationen im Stoffwechsel, die ja innerhalb Minuten oder wenigen Stunden auftreten, müssen meines Erachtens durch Veränderungen im Blute zum Ausdruck kommen

Ich habe nun selbst versucht, von meinen jetzigen Mitarbeitern *Brauch* und *Orlowski* unterstützt, im Blute Differenzen nach Luftdruckschwankungen zu finden

Der alveolaren CO Spannung geht im nüchternen Zustande mehr oder weniger parallel die CO -Spannung im Blute. In der Tat haben *Loewy* und Mitarbeiter die Verminderung der CO Spannung im Blute nachgewiesen. Da diese Verminderung der CO Spannung durch das O Bedürfnis und die dadurch bedingte Hyperventilation bedingt ist, so haben manche Autoren z. B. *Dautrebande* ausdrücklich im Hochgebirge eine Alkalose des Blutes angenommen. Daß dem nicht so ist, geht schon aus den Versuchen des Davoser Institutes für Hochgebirgsphysiologie hervor. Es erschien mir jedoch wertvoll, eine direkte Kontrolle der Blutreaktion zu machen. Vor allem war es interessant zu kontrollieren, ob die Blutreaktion rasche Schwankungen durch Luftdruckänderungen aufweist. Ich habe bei einem Kaninchen das reduzierte Blut pH elektrometrisch nach *Michaelis Lehmann* bestimmt. In Basel bei 748 mm Hg war z. B. beim Kaninchen das Blut pH 7,38. Versetzt ich das Tier 2 Stunden lang bei 600 mm Hg, so betrug nach dieser Zeit das Blut pH 7,11, wird es wieder zwei Stunden bei 748 mm Hg versetzt, so ist das Blut pH wieder auf die Norm gestiegen. Dieser Versuch ist ohne weiteres reproduzierbar. Er ergibt entgegen der Anschauung von *Dautrebande* — und als Bestätigung der Versuche im Davoser Institut — eine Acidose, die unmittelbar nach Verminderung des Luftdruckes eintritt. Diese unmittelbare Folge ist vorübergehender Natur. Hier mag erwähnt werden, daß *Mosso* wohl der erste war, der 1904 im Hochgebirge auf dem Monte Rosa eine Acidosis nachwies.

Diese Tatsachen verminderte CO₂ Spannung im Blute (also einerseits weniger Säure, andererseits Acidose im Blute)¹⁾ deuten darauf hin, daß noch andere Vorgänge sich im Blute abspielen.

Entsprechend meinen früheren Untersuchungen²⁾ habe ich nun den Gesamt C, den Gesamt-N und das H₂O des Blutes bestimmt. Folgendes Beispiel illustriert meine Resultate

¹⁾ Ware ausschließlich die CO Spannung im Blut herabgesetzt gewesen, so hätte das reduzierte Blut pH unverändert bleiben müssen.

²⁾ Helvet. chem. Acta 1925

	C	N	H ₂ O	C/N
Kaninchen bei 748 mm Hg	7,95 %	2,27	84,61	3,50
nach 2 Stunden bei 600 mm Hg	8,64 %	2,43	82,86	3,55

Dieser Versuch ergibt eine unmittelbare und sehr energische Wirkung des verminderten Druckes der Blut C steigt um 0,7 %, der Gesamt-N um 0,16 % und der Wassergehalt des Gesamtblutes sinkt um 1,75 %, der Wasserverlust dürfte der Zunahme an Trockensubstanz entsprechen. Ich erwähne hier, daß nach *Laubender*³⁾ Meer-schweinchen bei einem Drucke von 430—380 mm Hg nach 1—3 Tagen eine Steigerung des Rest-N des Blutes von rund 0,03 % fand *Laquer*⁴⁾ fand im Hohenklima eine Steigerung der Gesamtblutmenge. Ich mochte als Gesamtergebnis annehmen, daß der verminderte Druck eine Steigerung der Eiweißkomponente des Blutes verursacht. Der Blutzucker blieb in unsern Versuchen unverändert.

Wenn wir diese unmittelbaren Wirkungen des Hochgebirges berücksichtigen, so wird uns klar, daß wir durch dieselben gewisse therapeutische Indikationen bzw. Kontraindikationen erklären können.

Tabelle Analysen im Gesamtblut

	C	N	H ₂ O	C/N	N/H	O
	%	%	%			
1 Kaninchen bei 738 mm Hg	7,95	2,27	84,61	3,50		2,68
2 bei 600 mm Hg	8,64	2,43	82,86	3,55		2,93
3 Mensch gesund	9,98	2,81	81,56	3,55		3,44
in Basel						
4 Akromegalie	9,86	2,90	80,15	3,40		3,62
5 Fieber 39,5° Tbc pulm	8,30	2,47	84,89	3,36		2,91
6 Tbc pulmon	9,60	3,08	80,95	3,40		3,62
7 Anaemie	8,22	2,51	87,60	3,27		2,86
8 Anaemie	7,22	2,15	—	3,36		
9 Tbc pulm	11,47	2,99	75,82	3,84		3,94
+ Kyphoskoliose						
10 Hyperglobulie	12,38	2,56	—	4,84		
11 Schnapstrinker	11,78	3,37	—	3,50		
12 Hund gesund	12,07	3,58	75,89	3,35		4,72
in Basel						
13 Mensch gesund	10,37	3,20	78,71	3,17		4,06
in Samaden ansässig						
14 Falle 7 und 8	11,32	3,89	77,83	2,91		4,99

Eine allgemein anerkannte Indikation des Hochgebirges sind manche Formen von Anämien. In der Tat finden wir bei Anämien stets eine Herabsetzung des C und N des Blutes. Beispiel: Falle Nr. 7 und 8 der Tabelle.

Bei einer lymphatischen Leukämie betrug der Gesamt-Kohlenstoffgehalt des Blutes 9,32 %, also eher einen niedrigen Wert.

Bei einer Hyperglobulie mit 6 Millionen Erythrocyten enthielt das Blut 12,38 % der N betrug aber nur 2,56 % ein Beweis, daß mit

³⁾ Schw. Med. Woch. 1925

⁴⁾ Klin. Woch. 1924

der Steigerung der Blutkörperchenzahl nicht immer eine Steigerung des N Gehaltes parallel geht. Es ist z. B. ganz gut möglich, daß in solchen Fällen das Hochgebirge dennoch durch Steigerung der N Komponenten des Blutes günstig wirken kann.

Eine weitere Indikation des Hochgebirges und die Hauptindikation für Davos ist die Lungentuberkulose. Wir fanden z. B. bei einem Lungenkranken ohne Anämie (Fall 6) keine Differenzen von der Norm. Interessant ist folgender Fall (Nr. 9). Ein ca. 35-jähriger Mann mit Lungentuberkulose und starker Kyphoskoliose hatte folgende Werte: C 11,47 %, N 2,99, Wasser 75,82. Dieser Patient wurde zur Kur nach Davos geschickt, bekam aber dort Anfälle von kardialen Asthma und mußte nach 14 Tagen wieder nach Basel zurückkehren. Schon in Ragaz war die Atemnot verschwunden. Der hohe C Gehalt mit normalem oder leicht erhöhtem N-Wert verbunden ist vielleicht ein Anhaltspunkt um gewisse Kontraindikationen gegen das Hochgebirge präziser zu bestimmen. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß *Naunyn* als erster schon 1872 in einer Arbeit im Korrespondenzblatt für Schweizer Aerzte (jetzige Schweiz Med. Wschr.) eine Zunahme des Hämoglobingehaltes bei chronischer Dyspnoe nachgewiesen hat.

Das Fieber ist bekanntlich keine Kontraindikation für das Hochgebirge. Patient Nr. 5, ein Mann von 25 Jahren, besitzt einen niedrigen C und N Gehalt des Blutes. Der Wassergehalt ist mit 84,89 als recht hoch zu bezeichnen. Man konnte sich vorstellen, daß das Hochgebirge auf den Fieberstoffwechsel durch Steigerung des C und N Gehaltes günstig wirkt.

Eine Indikation des Höhenklimas für die Tuberkulose konnte noch in folgendem liegen. *Robin* und *Binet* wollen den Nachweis erbracht haben, daß die Gewebssäfte des Tuberkulösen eine pathologische Alkalose aufweisen. Aus diesem Grunde wurde seinerzeit in Frankreich eine fleischreiche Kost bei Tuberkulösen empfohlen, da dieselbe eine Acidose erzeugen sollte. Wir haben oben gesehen, daß das Hochgebirge eine acidotische Wirkung auf das Blut ausübt. Es wurde also bei Tuberkulosekranken eine günstige qualitative Veränderung der Blutreaktion und somit auch des Stoffwechsels verursacht.

Man kann einwenden, daß mit einer wenn auch rasch auftretenden Wirkung bei einem chronischen Leiden — wie der Tuberkulose — wenig gewonnen ist. *Fern* möchte die Effekte eines Klimas nach 6 bis 8 Wochen für ausgenutzt halten — und empfiehlt nach dieser Zeit eine Ortsveränderung. Ähnliche Anschauungen vertritt *van Oordt*. Anders wäre es, wenn eine Dauerwirkung nachgewiesen werden könnte. Nun hat schon *Loewy* nachgewiesen, daß gewisse Hochgebirgswirkungen recht lange anhalten können. z. B. die Atmungsgröße, die alveolare CO₂ Spannung. Allerdings ergaben seine Versuche, daß einheimische z. B. in Davos eine normale Atmungsgröße und CO₂ Spannung aufweisen, also hier dieselben Werte wie ein Talbewohner.

Dank dem Entgegenkommen von Kollege *Ruppanner* (Samaden) konnte ich bei zwei gesunden einheimischen Engadinern und bei zwei Kranken, die schon lange in Samaden wohnen das Blut untersuchen Wir finden interessanterweise bei den beiden gesunden einen relativ hohen C Gehalt bei relativ niedrigem H_2O Gehalt, was am deutlichsten im Verhältnis $N/H\ O$ zum Ausdruck kommt Diese beiden Individuen sind die einzigen, die einen $N/H\ O > 4,0$ aufweisen

Damit scheint mir bewiesen, daß mit einer eventuellen Akklimatisation die Wirkung des Hochgebirges keineswegs erloschen ist sondern solange der Patient z B in 500—2000 m Höhe weilt, bleiben seine Blutverhältnisse andere als in der Ebene Daß diese Veränderungen im Blute auf die Dauer noch andere Folgen haben müssen, liegt auf der Hand Ein pathologisch qualitativ veränderter Stoffwechsel kann allmählich wieder auf die normalen Verhältnisse zurückgeführt werden Unsere Resultate bestätigen die frühern Angaben *Eggers*s, der im Hochgebirge auch bei Einheimischen eine Vermehrung der roten Blutkörperchen nachgewiesen hat

Ein weiterer Faktor der Höhenkuren ist das *Licht* *Durrig* und *Landhard* fanden, daß die CO_2 Spannung im Sommer niedriger ist als im Winter *Landhard* fand in Selbstversuchen daß eine alveolare CO Spannung in Gronland niedriger war als in Kopenhagen Die Wirkung des Lichtes unterstützt in dieser Hinsicht diejenige des Luftdruckes und des verminderten O_2 Gehaltes

Außerst interessante Ergebnisse werden von zwei amerikanischen Forschern *Heß* und *Weinstock* mitgeteilt Dieselben fanden daß vegetabilische Öle z B Leinsamenöl durch Bestrahlung mit Quecksilberdampflampe eine Schutzkraft gegen die Entwicklung der Rachitis bei Ratten erhalten, auch wenn das Öl nur zwei Minuten bestrahlt wurde Im Dunkel gewachsener Weizen besitzt keine antirachitischen Eigenschaften, dagegen schützt Weizen am Tageslicht gewachsen und mit Hg -Lampe bestrahlt, die Ratten vor Rachitis Sauerstoff, Ozon sind ohne Einfluß Lanolin mit ultravioletem Licht bestrahlt, zeigt maßige antirachitische Eigenschaften Cholesterin, das im *Epiderm* relativ reichlich vorhanden ist, zeigt nach ultravioletter Bestrahlung antirachitische Wirkung

Diese schonen Versuche deuten an, wie die Strahlung im Hochgebirge einen Einfluß auf den Organismus haben kann Diese Wirkung dürfte darin beruhen, daß im Hochgebirge gewisse Nahrungstoffe vom Organismus leichter assimiliert werden Es ist auch bekannt, daß eine Ueberfütterung die Rachitis begünstigt Das Hochgebirge bezw die intensive Bestrahlung erlaubt einen größeren Nahrungsverbrauch ohne pathologische Mast Gebirgsbewohner sind nicht fettsüchtig

Das Hochgebirgsklima vermag zweifellos gewisse qualitativ pathologische Vorgänge zu beeinflussen Dies dürfte der Fall sein z B bei Basedowkranken Diese Patienten die von der Ebene mit einem

quantitativ gesteigerten Stoffwechsel nach einem Hohenkurort reisen, weisen hier oft eine Herabsetzung ihres Gesamtstoffwechsels, im Gegensatz zum Verhalten des gesunden Individuums auf. Dies kann man nur dadurch erklärt werden, daß der primär qualitativ veränderte Stoffwechsel beim Basedow sekundär einen quantitativ gesteigerten Umsatz bewirkt. Wird im Hochgebirge der qualitative Stoffwechsel in normalere Bahnen gelenkt, so erfolgt sekundär eine quantitative Verminderung des Gesamtumsatzes. Ähnliche Vorgänge spielen sich ab bei der Fettsucht, bei der Gicht und beim Diabetes.

Die Toleranz für Kohlenhydrate ist bei manchen Zuckerkranken in der Höhe deutlich gesteigert. Eine meiner Patientinnen, die in der Ebene ca. 120 g Kohlenhydrate vertrug, konnte schon am dritten Tage ihres Aufenthaltes in St. Moritz mindestens 200 g Kohlenhydrate ohne Zuckerausscheidung vertragen. Hier spielt die grobe Zusammensetzung des Blutes keine Rolle. Bei Diabetes ist das Blut pH normal und die Gesamt C und N Werte des Blutes sind keineswegs herabgesetzt.

Damit sei nicht gesagt, daß Gicht und Zuckerkrankhe unbedingt in das Hochgebirge gehören. Bade und Trinkkuren (Diattherapie kann auch im Hochgebirge getrieben werden) sind in der Regel bei Gicht und Fettsucht zweckmäßiger und führen schneller zum Ziel.

Eine günstige Wirkung müssen wir dem Hohenklima auf den Stoffwechsel im *hohen* Alter zuschreiben. Auch im *hohen* Alter ist der Stoffwechsel qualitativ verändert. Ich erinnere nur an die Versuche von *Löffler*, *Friedenwald* und *Grosse* über den Verlauf der Nahrungshyperglykämie bei Greisen.

Eine interessante Wirkung des Hohenklimas kommt bei der Prüfung der Wirkung gewisser Medikamente zum Vorschein. *Starbik*, *Jaquet* fanden, daß Natrium cacodyl in der Höhe bzw. bei vermindertem Drucke weniger gut vertragen wird als in B. bei 748 mm Hg Atmosphärendruck.

Nach *Hesse* und *Loewy* sind in Dinos größere Dosen Bromäthyl oder Bromoform für eine Narkose notwendig als in der Ebene. Daß Alkohol im Gebirge besser vertragen wird, ist eine altbekannte Sache. Morphium wird nach eigenen Beobachtungen unter vermindertem Luftdruck weniger gut vertragen als zum Beispiel bei 748 mm Hg.

Untersuchungen die ich mit Kollege *Orłowski* gemacht habe ergaben folgendes interessante Resultat.

Bromäthyl Alkohol wie auch Chloroform und Äther erzeugen an reduzierten Blut pH gemessen, eine deutliche Säuerung des Blutes. Zum Beispiel sinkt vorübergehend beim Kaninchen bei 10 cm³ Alkohol per os das Blut pH von 7,41 auf 6,88. Morphium erzeugt eine deutliche Alkalose. Wird aber einem Kaninchen unter 400 mm Hg Luftdruck Morphium injiziert so wird das Blut sauer. Die azidotische Wirkung des verminderten Luftdruckes überwiegt die alkalotische Wirkung des Morphiums. Der Alkohol steigert ferner sehr rasch und erheblich den Gesamtblutkohlenstoff. Letzteres dürfte die gun

stige Wirkung des Alkohols bei Schwachezuständen im Gebirge zum Teil erklären. Alkohol ist mit dem Zucker das einzige Nahrungsmittel, das eine Sauerung des Blutes und einen raschen Anstieg des Blutkohlenstoffes verursacht.

Alle bisher besprochenen Wirkungen des Hohenklimas waren mehr oder weniger *unmittelbare* Wirkungen, die fast nur so lange andauern als das Hohenklima auf den Organismus einwirkt. Damit ist aber nicht jede Wirkung der Hohenkuren erledigt. Es gibt mittelbare Wirkungen, die anhalten, noch lange nachdem das Individuum in die Ebene zurückgekehrt ist. Solche Wirkungen kommen wohl beim Training zum Ausdruck. *Zuntz*, *Loewy* und Mitarbeiter konnten zeigen, daß geübte Bergsteiger weit höhere Grade von Luftverdunnung vertragen können als der Durchschnitt der Menschen. Medizinisch wichtiger erscheint mir die sichere Tatsache, daß Leute, die im Gebirge einmal einige Wochen verbracht haben, einen zweiten Aufenthalt in der Höhe, nach ein oder zwei Jahren, weit besser vertragen als den ersten. Die Angewohnung an das Hohenklima ruft beim Menschen ähnlich dauernde Veränderungen im Nervensystem hervor wie zum Beispiel das Schwimmen oder Reitenlernen.

Habe ich einmal das Schwimmen gelernt, so vergesse ich es nicht. Ein alter Mensch, der vor Jahren im Hochgebirge gewesen ist, wird stets dasselbe besser vertragen als ein gleichaltriger, der nie in seinem Leben auf zum Beispiel 1800 m einige Wochen verbracht hat. Dies muß bei Hohenkuren im Alter Berücksichtigung finden — und wenn wir vom Alter sprechen, sei hier eine praktische Bemerkung hinzugefügt. Wir haben gelernt, daß das Hohenklima außerordentlich rasch Veränderungen im Blute erzeugt. Diese Anpassung des Organismus geht in den altern Jahren wohl nicht so leicht von statten. Um dem alten Menschen die prompte Akklimatisation zu erleichtern, empfehle ich stets demselben folgende Vorschrift zu beachten. Am ersten und eventuell am dritten Aufenthaltstag im Hochgebirge muß der Patient das Bett hüten. Ich habe recht oft 70jährige und ältere Patienten unter diesen Bedingungen einen ruhigen Aufenthalt in 1800 m Höhe empfohlen, ohne jemals Nachteile davon beobachtet zu haben.

Huchard hat in der französischen Literatur das Wort geprägt „Les cures d'eau agissent non pas par ce qu'elles apportent mais par ce qu'elles emportent“. Wir haben gesehen, daß im Hohenklima das Blut Kohlenstoff und N-reicher wird, daß der Stoffwechsel qualitativ verändert werden kann. Ich mochte daher für das Hohenklima den Satz aussprechen: Les cures d'altitude agissent non pas par ce qu'elles emportent mais par ce qu'elles apportent.

— — — — —

Klima und vegetatives System

Von Prof. Dr. Friedr. Kraus Berlin

Wer sich anregen laßt von der Vielseitigkeit der Problemstellung und von der Fülle ineinander greifender, sich gegenseitig beeinflussender Faktoren der Bioklimatik, wer die Werke von *Hellpach*, *Huntington*, *Dorno* und die Arbeiten von *Abel*, *Simro*, *Wegener*, *Olbricht*, die Mitteilungen der neuesten Literatur, nicht zuletzt die des Instituts von Davos studiert, dem tut sich ein ungeheures Forschungsgebiet auf, das auch für die Klinik von höchster Bedeutung ist.

Ein richtiges Verständnis des Zusammenhanges zwischen Klimafaktoren einerseits und Entwicklung und vitalen Leistungen anderseits, speziell auch derjenigen des vegetativen Systems, ist aber nur erreichbar, wenn wir uns wenigstens vorläufig, auf *spezielle* Fragen und auf *experimentell* Frpobbiues beschränken, um zunächst zu Begriffen zu gelangen, welche weiterhin erst praktische Verwendung finden können.

Ich möchte deshalb heute nur über die *vegetative Stromung als Grundlage der Anpassung* auch unter dem Einfluß klimatischer Faktoren sprechen, nach Versuchen von mir und meinen Mitarbeitern (*S. G. Zondek*, *Dresel* u. a.)

Ausgehen möchte ich von der inneren Oekonomie in ihrer Regulierung durch Grenzflächenpotentiale durch relativ antagonistische Elektrolyte (Kalium, Kalzium) als Bestandteile des vegetativen Systems im weitesten Wortsinn. Auch die Grenzflächen selbst enthalten Elektrolyt, ich sage kurz Kolloid-Elektrolyt. In der wechselseitigen Beeinflussung des Salz- und Kolloid-Elektrolyts, wobei wir experimentell den einen und den anderen die Oberhand gewinnen lassen können, um dann spontane physio- und pathologische Analogien zu suchen in dieser Wechselwirkung stecken alle zu besprechenden Anpassungen.

Die Regulationen im vegetativen System haben schon verschiedene Bedeutung.

In bezug auf die Warmestrahlung will ich hier nur kurz auf *Friedenthal's* Versuche in meinem Laboratorium verweisen, die kurzlich in der „Klinischen Wochenschrift“ mitgeteilt wurden. Da verhält sich die Haut etwa wie feuchtes Fließpapier.

Praktisch besser als der *Gesamtorganismus* ist aber für die vorliegende Fragestellung ein einfacheres, überlebendes Modell heranzuziehen, z. B. das *Straub'sche* Froschherzpräparat mit reiner (antagonistischer) Elektrolytdiat.

Daran ist nun folgendes zu beobachten (zum Teil direkt zu sehen, zum Teil zu untersuchen): Wasserabsorption und Abgabe von Ionen, Abgabe, Verhalten des vektoriiellen bzw. des kristalloiden Anteils der Grenzflächen (Membranen), Beeinflussung des O_2 -Verbrauches des Herzens durch Elektrolyte, Milchsäurebildung, Systolie und Diastolie des Herzens, Art des Stillstandes, mechanische Kurve, Elektrokardiogramm, Verhältnis zwischen den Ordinaten und der Gestalt der mechanischen und elektrischen Kurve, Folgen experimentell hervorgerufener oder spontaner Vermehrung des Kolloid und des Salzelektrolyts.

Für viele Versuche wurde besonders das Elektrokardiogramm als Indikator der zu besprechenden Wirkungen benutzt. Die Mineral-Elektrolyte wurden in den Vordergrund gestellt, weil ohne sie vegetativer Nerv und Hormone unwirksam sind.

Verwenden wir das *Straub'sche* Präparat als Reagens auf *Klimafaktoren* z. B. Warmestrahlung, so wirkt schwächere Strahlung kalzisch systolisch, stärkere diastolisch. Radiumemanation in der Diatflussigkeit, Ionisierung der umgebenden Luft durch Radium und ohne jeden Einfluß.

Absaugen von Umgebungsluft (Sauerstoffverdünnung) wirkt zunächst auch schwach systolisch. Bei stärkerem Unterdruck aber wird die Wirkung diastolisch.

Auch hier findet sich, wie bei der Warmestrahlung, die Disposition zur sofortigen Umkehr der Wirkung bei Veränderung der einwirkenden Elektrolyte.

Der Elektrolyt-Antagonismus ist aber ein relativer. Gewinnt ein Elektrolyt in der Diatflussigkeit die Oberhand, so kommt es zur prompten Wirkung, nach einiger Zeit jedoch kann es zu einer Abschwächung des Antagonismus kommen. Anpassung.

Die Beziehung der Regulierung zur *Richtung der vegetativen Stromung* die nicht einfach einer irreziproken Permeabilität gleich kommt, geht aus Versuchen hervor, in denen der Angriff der zugeetzten Substanzen einmal *außen* am Herzen, das andere Mal *innen* im Herzen erfolgt. So wirken ein Dielektrikum ($CHCl_3$) und Wasser von außen kalzisch, innen kalzisch. Kalzium wirkt von außen kalzisch, Kalium wirkt charakteristisch überhaupt nur von außen, innen unterbricht es rasch die vegetative Stromung. Die Anpassung an Na

trium wurde nach Versuchen von *Benatt* besprochen. Die Anpassung an Natrium läßt sich mit der Dialflussigkeit nicht von einem Herzen auf ein zweites übertragen.

Bei Vorbehandlung des Froschherzens mit Kalziumüberschuß finden wir Kalziumeffekt, Block systolischer Ventrikelstillstand, aber bei längerer Dauer in Diastole. Nachfolgender Kaliumzusatz bewirkt ein scheinbar paradoxes Kalzium Elektrokardiogramm. Die mechanische Kurve verhält sich völlig analog.

Dieses regelmäßige Verhalten beseitigt tatsächlich die grundsätzlichen Bedenken gegen den *Langley*'schen Antagonismus, und schränkt auch die Einwände gegen die pharmakologische Prüfung des vegetativen Systems ein. Hierdurch werden die Fälle erklärt, wo jeder Reiz auf den vegetativen Apparat eines Organs kalzisch bzw. sympathisch ausfällt. Fälle wie sie uns häufig in der klinischen Pathologie vorkommen.

Kalium verhält sich (in der Dialflussigkeit, Kalzium nach Kaliumvorbehandlung) anders, da bewirkt nachtraglicher Kalziumzusatz eine kalzische Umstimmung.

Wie ist nun der Unterschied zwischen Natriumanpassung und Kalziumanpassung wenigstens mit Wahrscheinlichkeit zu erklären?

In einer Reihe von Ca Versuchen wurde der Gehalt in doppeltbrechenden Kristalliten im entsprechend behandelten Muskelsaft und in der Dialflussigkeit bei Ringer und bei Kalziumdial bestimmt. Bei Ringer ist der Muskelsaft reich, die Dialflussigkeit arm an doppeltbrechenden Substanzen. Bei Kalziumüberschuß ist das Verhalten umgekehrt, schon das makroskopische Aussehen ist sehr verschieden.

Der Herzmuskel gibt also bei dauerndem Kalziumüberschuß der Dial etwas Vectorielles ab bzw. das Kalzium verdrängt diesen Anteil in der Richtung zur Dialflussigkeit (in der Richtung der vegetativen Stromung).

Man könnte vielleicht als Hypothese aufstellen, es werden gerade die stark Kalium adsorbierenden Teile ausgeschwemmt. Es bildet sich dann ein neues Adsorptionsgleichgewicht. Derjenige Stoff, der rein stärker adsorbiert wird, wird überall auch aus einem Gemisch noch absolut und relativ starker adsorbiert. Wenn von zwei Stoffen eines Gemisches der eine viel stärker als der andere adsorbiert wird, genügen schon kleine Konzentrationen des stark adsorbierbaren Stoffes, um die Adsorption des schwach adsorbierbaren auf sehr kleine Werte herabzudrücken, so daß A nach Kalziumvorbehandlung Kalium kalzisch wirkt. In diesem Zusammenhang konnte auf *Dresel's* Versuche über die Beeinflussung der vegetativen Wirkung durch Lipidzusätze in der Dialflussigkeit hingewiesen werden. Ob es sich bei den oben erwähnten Versuchen um die Abgabe von Lipid-Ca handelt, kann nur durch chemische Untersuchungen, die im Gange sind, entschieden werden. Das Ca bleibt im *Straub* schen Präparat. Vielleicht auch im Umgebungsblut des natürlich arbeitenden Erfolgsorganes.

Die Natriumanpassung ist jedenfalls anders zu erklären, möglicherweise handelt es sich dabei um Schichtung in einem leitenden Dielektrikum

Auch auf *Blumenfeldt's* Versuche sei kurz hingewiesen, der zeigen konnte, daß auch die Chronaxie durch die antagonistischen Elektrolyte beeinflusbar ist

Diese Regulationen erscheinen abstrakt, eine Uebertragung auf den Gesamtorganismus scheint sehr schwer. Jedoch ist ein weiteres Eindringen in die Probleme nur so möglich. Ist die anthropologische Begriffsbildung erst einmal durch die nomologische ersetzt, so wird dieser Fortschritt, erst angebahnt, nicht weiter aufhaltbar sein.

— — —

■

Beziehungen des Klimas zu den innersekretorischen Drüsen

Von Professor *Arthur Biedl* Prag

Bei dem heutigen Stande unserer positiven Kenntnisse kann ein Referat über die Beziehungen des Klimas zu den innersekretorischen Drüsen kaum anders als ein gewagtes Unternehmen, für mich persönlich vielleicht richtiger als ein Versuch mit untauglichen Mitteln, betrachtet werden. Wenn ich der ehrenden Aufforderung der Kongressleitung folgend, diesen Versuch dennoch unternehme, geschieht dies in der klaren Erkenntnis der Eigenart und Schwierigkeit des Unterfangens, die zweifellos bedeutsamen Zusammenhänge zweier Gebiete zu besprechen, denen ich persönlich mit ganz ungleichem Wissensrüstzeuge gegenüberstehe. Ueber das Klima in der wissenschaftlichen Bedeutung des Begriffes weiß ich nicht viel oder eigentlich recht wenig, über die innere Sekretion aber soviel, daß ich mit Sokrates klar erkennen kann, wie wenig wir wissen.

In diesem Kicise von Kundigen ist es wohl überflüssig zu bemerken, welche große Reihe von mit-, neben und gegeneinander agierenden Faktoren in dem Sammelbegriffe des Klimas enthalten sind, die sowohl einzeln als auch kombiniert die Funktionen der Inkretion wirklich beeinflussen oder zum mindesten beeinflussen konnten. Die vorliegenden Beobachtungen gestatten bestenfalls Vermutungen, unmöglichen aber keineswegs das reine Herausschalen der Wirksamkeit bestimmter Faktoren. Was uns hier einzig und allein weiterhelfen kann, das analytische Experiment, ist aber bisher über die ersten Anfänge noch nicht hinausgekommen.

Das auf das Klima, bzw. die einzelnen Klimafaktoren Reagierende ist — und dies soll mit aller Schärfe betont werden — nicht die einzelne endokrine Drüse, sondern das durch innige Korrelationen und Interrelationen seiner Teile zu einer Einheit verknüpfte endokrine System. Es scheint mir aber wichtig auf das Folgende ausdrücklich hinzuweisen. Wenn die Lehre von der inneren Sekretion die Zentralstelle des Nervensystems der ihr früher zuerkannten alleinigen dominierenden Machtstellung entkleidete, indem sie die Bedeutung der auf dem Blutwege ankommenden Betriebsanordnungen und Befehle für die Erfolgsorgane ins richtige Licht stellte, so

mußte sie doch neuerdings in zunehmendem Ausmaße anerkennen, daß das Inkretsystem als vegetatives Organ in das vegetative System eingefügt und dem vegetativen Nervensystem unterstellt ist. Allerdings nicht in dem Sinne des souveränen Beherrschtwerdens, sondern in der Art der richtigen demokratischen Verfassung, wo das Beherrschte seinerseits die Stimmungslage des Nervensystems, die Art und Form seiner Reizbeantwortung hormonal bedingt.

In diesen Bemerkungen ist bereits eine allgemein biologische Frage enthalten, deren Beantwortung gewissermaßen die grundsätzliche Vorbedingung für unsere weiteren Auseinandersetzungen darstellt, nämlich die Frage, ob das Inkretsystem, dessen Sinn und Aufgabe in der Übermittlung von Nachrichten durch Entsendung von chemischen Boten zu den einzelnen Organen, in der Herstellung und Aufrechterhaltung des *Consensus partium* des Gesamtorganismus erblickt werden kann, ob dieses System sage ich, auf die Änderungen der Außenwelt überhaupt reagieren kann, ob es Beziehungen zwischen Umwelt und Innenwelt zu vermitteln imstande ist. Das unterscheidende Merkmal zwischen neuraler und hormonaler Korrelation ist dieses, daß im erstern Falle die rezeptorischen Nervenapparate die Pforten sind, durch welche die Milieuvibrationen als Reize in das Innere eindringen, auf dem Wege von Nervenbahnen zu Zentralstellen fortgeleitet und dort dann in Funktionssimpulse umgeprägt werden. Diese nervös vermittelnden Reaktionen auf die Umweltänderung laufen nach Gesetzen ab, deren Ergründung eine reizvolle Aufgabe der Physiologen war und zum Teil noch bis zum heutigen Tag geblieben ist. Diese Korrelationen sind durch den prompten und raschen Ablauf, sowie durch die im einzelnen wohl mannigfaltige, im ganzen aber doch leicht definierbare Reizbeantwortung gekennzeichnet. Demgegenüber vollziehen sich die hormonalen Beeinflussungen naturgemäß in einem, man könnte sagen, behäbigeren Tempo, die Weisungen zur Betriebsänderung gelangen auf dem viel langsameren Blutwege zu den Erfolgsorganen, diese selbst lassen sich bei der Durchführung reichlich Zeit, sie geraten eigentlich niemals in eine prompte Aktion, sondern verandern schon allmählich ihre Tonuslage. Diese Differenz zwischen neuraler und hormonaler Reizbeantwortung ist derart durchgreifend, daß man in jenen, übrigens nicht allzu seltenen Fällen, wo eine hormonal ausgeloste Reaktion rasch und prompt, dem neuralen Typus ähnlich abläuft, mit großer Sicherheit eine Zwischenschaltung nervöser Glieder in die Reaktionskette annehmen, und bei geeigneter Nachforschung die Existenz einer *hormoneuralen Korrelation* tatsächlich ermitteln kann.

In Analogie hierzu konnte man an eine *neurohormonale* Vermittlung zwischen Umwelt und Inkretsystem denken, wenn man der Tatsache gegenübersteht, daß die erstere das letztere weitgehend beeinflusst, obwohl dieses über eigentliche rezeptorische Apparate in keiner Form verfügt. Man konnte sich vorstellen, daß die äußeren Reize

auf gewohnten ausgefahrenen Bahnen angelangen, neural geleitet werden und neben der reflektorischen Aktion im Nervengewebe auch eine Umstimmung des innern Milieus, einen Funktionswandel in den Hormorganen mit dem Endresultate der quantitativen oder qualitativen Aenderung der produzierten Hormone bewirken. Die schematisierende Formel neural sei die Verknüpfung der innern mit der äußern Welt, hormonal sei die gegenseitige Verbindung der innern Teile ohne Beziehung auf ein Aeußeres mußte der fortschreitenden Erkenntnis weichen, daß auch die Hormorgane nicht nur von innern Faktoren allein abhängig sind, sondern daß ihre doppelte, endogene und exogene Bedingtheit eine unbezweifelbare Tatsache ist. In den Entwicklungsjahren oder, wenn ich mich des Ausdruckes bedienen darf, in der Periode der ersten Streckung der Lehre von der innern Sekretion war schon der Gedanke eine endokrine Drüse sei in ihrer Größe, in ihrem Bau und demnach in ihrer Leistung durch einen Außenfaktor beeinflusßbar, eine Ketzerei gewesen. Die ersten Angaben, man könne durch die Menge und Art der Nahrung, durch exogene Agentien oder Arzneien die Struktur dieser oder jener Blutdrüse in gesetzmäßiger Weise abändern, wurden recht skeptisch aufgenommen. Der gründliche Meinungswandel dokumentiert sich darin, daß die moderne Arbeitsrichtung sogar die Konstitutionsmorphologie des Inkretsystems, diese unerläßliche Grundlage ungebührlich vernachlässigend, ihre Aufmerksamkeit vorwiegend der nutritiven Beeinflussung zuwendet. Es sei hier nur daran erinnert, daß auch die Vitaminforschung bei der Erklärung des Wirkungsmodus dieser Ergänzungsnährstoffe auf den Umweg über die Blutdrüsen rekurrieren mochte. Daß aber der Konnex mit der Umgebung, wie er durch Zufuhr von Stoffen von außen hergestellt werden kann, für den Bau und die Tätigkeit von Inkretorganen von ausschlaggebender Bedeutung ist, dafür liefert die Beeinflussung der Schilddrüse durch Minimalmengen von Jod ein besonders eklatantes Beispiel, dessen nähere Darlegung sich gerade in diesem Lande erubrigt. Es ist selbstverständlich ohne weiteres zuzugeben, daß wenn etwas von außen in das Körperinnere auf dem Wege des Verdauungskanales eindringt, und nun hier umstimmende Wirkungen entfaltet, dieses Vorkommnis ein unserm Verständnis durchaus zugänglicher Spezialfall ist, wo das Blut die Rolle des Vermittlers spielt. Die resorbierten Substanzen gelangen dann direkt an den Hormorganen zur Auswirkung.

Anscheinend ganz anders liegen die Dinge für die übrige Außenwelt. Wie sollen die klimatischen Faktoren, der mit der Seehöhe variierende Luftdruck und damit die Luftzusammensetzung, der Wind, die Feuchtigkeit, die Temperatur und elektrische Ladung der Atmosphäre, die vom Himmel und der Sonne ausgehenden differentiellen Strahlen in das Körperinnere penetrieren, um dort eine oder die andere Blutdrüse zu beeinflussen? Eine nähere Ueberlegung ergibt auch auf diese Frage befriedigende Antworten. Wenn wir von der

bereits erwähnten Möglichkeit der neural vermittelten Beeinflussung der Hormongewebe absehen, stehen uns noch andere Erklärungen zur Verfügung, auf die bereits in den bisherigen Vorträgen hingewiesen wurde

Aus den überzeugenden Darlegungen von Prof. *Loewy* können wir ersehen, daß der wichtigste Faktor des Hohenklimas der niedrige Barometerdruck in der unzureichenden Sauerstoffversorgung gewisser Zentralapparate direkt zur Auswirkung gelangt. Ware es nicht nahe liegend, manche Inkretorgane, in erster Reihe die Schilddrüse, aber auch vielleicht noch andere, in die Gruppe jener sauerstoffaviden Gewebe einzureihen, die auf eine Minderung ihrer Sauerstoffversorgung mit Funktionsalterationen reagieren? Bekanntlich erblickte *Miescher* in der Eigenart der Gefäßaufsplitterung im Knochenmark die hinreichende Begründung dafür, daß dieses Gewebe bereits auf eine außerordentlich geringfügige Abnahme der Sauerstoffsättigung im Blute in besonderer Weise antwortet. Viele endokrine Organe, vor allem die Schilddrüse, die Epithelkörperchen, die Nebenniere, zeigen morphologisch eine augenfällig starke Kapillarisation und physiologisch eine im Vergleich zu andern Geweben ungewöhnlich reichere Sauerstoffzehrung. Ueberall hier kann der äußere Faktor des Hohenklimas, der geminderte Luftdruck, direkt durch Wandlung der Blutbeschaffenheit einwirken, und wir können aus den bisherigen experimentellen Ermittlungen diese Möglichkeit als tatsächlich zutreffende erkennen.

Die Tatsache der Aenderung der Wasserstoffionenkonzentration im Blute im Sinne der Verschiebung nach der sauren Seite unter niedrigem Barometerdruck kann wohl als feststehend gelten, wenn auch, wie wir gehört haben, die bewirkenden Vorgänge noch nicht ganz klar gelegt sind. Geändertes pH im Blute dürfte sich auch in der Blutdrusenbeschaffenheit geltend machen.

Fassen wir andere Klimafaktoren wie etwa Wind, d. h. Luftströmungen und die Luftfeuchtigkeit ins Auge, so kann auch hier die Verschiebung der Blutzusammensetzung in der Richtung einer gewissen Eindickung oder Verwässerung durch vermehrte oder verminderte Wasserabgabe als das primäre Moment einwirken, auf welches gewisse Inkretorgane unmittelbar reagieren. Nach klinischen Erfahrungen und experimentellen Feststellungen in meiner Klinik und in meinem Laboratorium, deren ausführliche Darstellung mich hier zu weit führen würde, darf die Hypophyse oder richtiger der *Mittellappen* des Organs, den ich im Gegensatz zu dem *Vorderlappen* der *Wachstumsdrüse* als *Stoffwechseldrüse* betrachte, als eine Statte angesehen werden, die in enger Zusammenarbeit mit dem hypothalamischen Stoffwechselzentrum einen regulatorischen Einfluß auf den Wassersalzhaushalt ausübt. Wie für das Warmezentrum die Bluttemperatur ist, für diesen Apparat der Wassersalzgehalt des Blutes der adäquate Reiz, der hier wie dort eine gegensinnige Schwankung auslöst und dort zur Isothermie, hier zur Isosmie führt. Anschließend

hieran mochte ich bemerken, daß die Stoffwechseldrüse des Hirns in hohem Maße nach unsern eigenen Ermittlungen auch in den *Fettstoffwechsel* in bemerkenswerter Weise eingreift, woraus der auch auf andern Erfahrungen sich ergebende innige Konnex des Wasserhaushaltes mit dem Fettstoffwechsel klar erhellt. Aus diesen Ergebnissen entspringende Erwägungen und Gedankengänge ermutigen mich zu dem Vorschlage, jene hohenklimatischen Faktoren, auf die der Organismus mit einer Bluteindickung antwortet, versuchsweise zur therapeutischen Beeinflussung der Fettsucht auszunutzen ist es doch — gestehen wir es uns offen — mit unserer Therapie auf diesem Gebiete recht schlecht bestellt. Praktisch gesprochen konnte ich mir leicht denken daß in Davos wo die Körpergewichtszunahme, die Mast der abgemagerten Kranken, ein Ziel und Nebenprodukt des Heilverfahrens darstellt, auch die Fettleibigkeit, die ich in voller Uebereinstimmung mit Kollegen *Gigon* stets als konstitutionelle betrachte, neben den entsprechenden diätetischen Maßnahmen auch der klimatischen Heilpotenzen teilhaftig werden konnte. Eines Versuches wäre die Sache vielleicht wert.

Beim Fettstoffwechsel gelange ich zur Besprechung eines weiteren klimatischen Faktors, das ist die *Strahlung*. Aus den bisherigen, wenn auch noch spärlichen Versuchen kann man bereits entnehmen, daß manche Formen der strahlenden Energie den Ablauf chemischer Prozesse in verschiedener Weise beeinflussen können. *Kestner* schreibt der intensiven ultravioletten Bestrahlung die im Hohenklima zu bestimmten Jahreszeiten deutlicher hervortretende Stoffwechseländerung zu und denkt dabei an einen gesteigerten Gewebsabbau als Vermittlungsfaktor. Mit der gleichen, vielleicht noch größern Berechtigung dürfte man der Annahme Raum geben, daß die Bestrahlung der Hautoberfläche den physiologischen Prozeß der Umpackung des in dem Hautspeicherorgan deponierten, zunächst körperfremden Fettes in körpereigenes auf dem Wege einer Verflüssigung des Fettes beschleunigt. Experimentelle Ermittlungen in meinem Laboratorium zeigen, daß die Menge des verflüssigten in die Blutbahn gelangenden Fettes ein bestimmendes Moment für die Richtung und Größe der Leistung des zerebralen Fettzentrums und seiner endokrinen Hilfsapparate darstellt. An dem Fettstoffwechsel nehmen zweifellos noch eine Reihe von Inkretorganen Anteil, die aus Lipoidgewebe aufgebaut sind, wie die dem Interrenalsystem angehörige Nebennierenrinde und die akzessorischen Zwischennieren, große Anteile des Keimdrüsgewebes beider Geschlechter und die Epithelkörperchen. Hier wäre auf die interessanten Versuche im Rockefeller Institut in New York hinzuweisen, in denen die Bestrahlung von Kaninchen mit ultravioletten Strahlen der Quecksilberdampf Lampe schon nach kurzer Zeit auffällige Veränderungen an den Epithelkörperchen konstatiert werden konnten. Es sei ferner an die interessanten Mitteilungen von *Moro* über die Frühlingstetanie und die analoge Erfahrung der Frühjahrsexacerbation der epidemisch endemischen

Arbeitertetanie erinnert, Erfahrungen, die durch die nachgewiesenen jahreszeitlichen Schwankungen der Menge der ultravioletten Strahlung unserm Verständnis näher gebracht werden

Unverkennbar tritt die Beeinflussung des *Hautchemismus* durch die Bestrahlung in den allgemein bekannten intensiven Hautreaktionen zutage. In der eigenartigen Hyperpigmentation erblickt man mit Recht den Ausdruck des geänderten Eigenpigmentstoffwechsels des Hautorganes. Man durfte aber nicht vergessen, daß zahlreiche experimentelle Befunde den Beweis erbracht haben, daß ein endokrines Organ, die Nebenniere, hier ein gewichtiges Wort mitzureden hat. Anlaßlich der Beobachtung eines besonders interessanten klinischen Falles konnte einer meiner Schüler (*Redisch*) die entscheidende Bedeutung des Funktionszustandes der Nebenniere für die Art, Form, Ausbreitung und Intensität der Hauptpigmentierung in klarer Weise dartun.

In den beiden letzterwähnten Fällen der Strahlenwirkungen haben wir weitere Wege der Beeinflussbarkeit des Inkretsystems durch klimatische Faktoren erkannt.

Endlich sei nur noch ganz flüchtig auf die bisher ganz hypothetische *Eigeninkretion der Haut* als auf jene Möglichkeit hingedeutet, die durch äußere Faktoren direkt einflußbar eine unmittelbare Beziehung der Umwelt zur Innenwelt der Endokrinen herstellen konnte.

Mit dem Bisherigen habe ich den ungleich schwierigeren Anteil meiner Aufgabe erledigt. Ich hoffe Sie überzeugt zu haben, daß das Klima das Inkretsystem beeinflussen kann, jetzt will ich es versuchen, in aller Kürze dasjenige darzustellen, was wir über die tatsächliche Beeinflussung wissen. Es ist nicht allzu viel, wenn wir in die Methoden, mit welchen gearbeitet wurde, einen strengen Maßstab anlegen. Die Eigenart des Blutdrusensystems erklärt die zu nächst befremdende Aussage, daß bis heute noch für die Beurteilung des Funktionszustandes und seiner Variationen das Strukturbild und seine Veränderungen die exakteste Methode darstellen, allerdings nur bei richtiger Einstellung zur Morphologie. Die Erwartung, die Inkretstoffe selbst im Blute aufzusuchen und ihre quantitativen und qualitativen Abänderungen abschätzen zu können, hat sich nur in karglichem Ausmaße verwirklicht. Endlich sind wir dann noch darauf angewiesen, den hormonalen Effekt im oder in den Erfolgsorganen oder auch in den eingeschalteten Zwischenstationen als Maßstab zu benutzen. Da gerieten wir aber auf einen schwankenden Boden. Denn wie immer auch ein Inkret im Erfolgsorgan zur Auswirkung gelangt, ob morphogenetisch oder funktionell oder, um mich der Nomenklatur *Gleys* zu bedienen, ob als Harmozon oder Hormon oder Chalon, die im einzelnen Organ nachweisbare Strukturmodifikation oder Funktionsalteration ebenso wie auf den Gesamtorganismus bezogen, die Änderungen in Tracht und Gehen, können nicht auf die

eine oder die andere Blutdrüse, aber auch nicht auf das ganze System restlos bezogen werden. Stets spielen noch weitere Faktoren wie der Eigenbau und das Eigenleben der Organe, das innere Milieu, das Eingreifen des Nervensystems und noch vieles andere in unabschätzbarem Ausmaße mit. Ein naheliegendes Beispiel möge diesen Tatbestand beleuchten. In der Größe des Stoffwechsels oder richtiger des Grundumsatzes konnte man mit gutem Recht ein Maß für die Inkretionsgröße der Schilddrüse, oder genauer für die Größe der Thyroxin-Produktion erblicken. Wissen wir doch aus den exakten Versuchen aus Amerika, daß zwischen der zirkulierenden *Thyroxinmenge* und dem *basal metabolic rate* ein weitgehender Parallelismus besteht. Es wäre aber nicht nur einseitig sondern durchaus verfehlt wollte man etwa die Stoffwechselsteigerung im Höhenklima als alleinige Folge einer gesteigerten Thyroxinproduktion ansprechen. Neben andern Faktoren mag auch dieser mitspielen, über seine Größe können wir aber nichts aussagen, ins solange die Vermehrung des Thyroxins im Blute nicht quantitativ nachweisbar ist. Aus diesem Beispiel, dem ich viele andere anreihen konnte, ersehen wir, daß wir mit der quantitativen Beurteilung der Hormonfunktion noch in den Kinderschuhen stecken, und daß uns das Davoser Institut als Helfer und Erzieher zur Seite stehen muß, um in eine weitere Entwicklungsphase wenigstens in die Pubertät zu gelangen.

Mit großer Freude habe ich dem interessanten Vortrage des Professors *Haecker* entnommen, daß er der biologischen Frage Klima und tierische Pigmentierung auch mit der Untersuchung der Blutdrüsen nahegetreten ist und in dem untersuchten Spezialfalle der Dunkelpigmentierung der Davoser Krähe bemerkenswerte Befunde an der Schilddrüse und namentlich an der Nebenniere erheben konnte. Hieran möchte ich die Bitte knüpfen, auch bei den weiteren experimentellen Studien der Klimawirkungen dem Verhalten der Inkretorgane vor allem in morphologischer Beziehung die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken.

Erlassen Sie mir die detaillierte Anführung der vorliegenden Einzeluntersuchungen über die Beziehungen des Klimas und einzelner klimatischer Faktoren zum Inkretsystem und seinen funktionellen Auswirkungen. Eine Aufzählung der übrigens nicht allzu zahlreichen Arbeiten und insbesondere die notwendige kritische Besprechung wurde zu sehr ermüden. Ich kann Sie versichern, daß ich die gesamte einschlägige Literatur gesammelt habe und kann Ihnen versprechen, daß Sie sie in dem baldigst erscheinenden nächsten Teil meines Buches „Innere Sekretion“, eingehend erörtert finden werden. Gestatten Sie mir daher heute ein gewissermaßen summarisches Verfahren.

Überblicken wir die Gesamtheit der Tätigkeiten des Inkretsystems so dürfen wir wohl ohne Uebertreibung sagen, daß diese unser Werden und Wachsen, unser Sein und Wirken, unser Altern und Absterben mitbestimmend beeinflussen. Das System selbst steht in

seinem Ausbildungsgrade und seiner Aktionsgröße unter der doppelten Bedingtheit von endogenen, im Genotypus verankerten und exogenen, in der Umwelt gelegenen Faktoren Das Klima ist bereits auf Grund der bisherigen Erfahrungen zum Teil Vermutungen, zum Teil experimentellen Ermittlungen als ein gewichtiger äußerer Faktor zu bewerten, dessen Bedeutung die weitere Forschung noch ins helle Licht stellen dürfte

Vor einigen Tagen stand ich in St Moritz in Bewunderung und Ergriffenheit vor dem mächtigen *Triptychon des großen Segantini* das den Titel führt Werden, Sein, Vergehen in der Hochgebirgswelt Das Frühlingserwachen, die Sommerblüte und der Winterschlaf der Natur sind innig ergreifend, majestatisch erhaben, duster erschütternd in dieser Welt Eigenartig und eigenwegig äußert sich das Werden und Wachsen, der Lebensvorgang und Lebensablauf, das Altern und Absterben, oder mit andern Worten, der Aufstieg der Evolution, das Plateau der Lebensreife und der Abstieg der Involution bei Mensch und Tier im Gebirgsklima Man empfindet's, man erfaßt's, nun heißt es ergründen

Klima und Schlaf

Von W R Heß Zürich

Viele von uns wissen aus eigener Erfahrung, daß Klimawechsel auf den Schlaf zurückwirkt, und zwar oft genug in sehr unliebsamer Weise. Tatsächlich ist der Schlaf, wie *Hellpach* betont, ein äußerst feines Reagens auf die Faktoren des Klimas, sogar der momentanen Witterung. Denken wir z. B. an die schlaffeindliche Wirkung von Gewitter- und Föhnstimmung.

Allen von uns ist auch die hervorragende Bedeutung des Schlafes für unser körperliches und geistiges Wohlergehen bekannt. Der Schlaf zwingt die Folgen ermüdender Tagesarbeit, welche unsere Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, zum Weichen, und er schenkt uns neue Kräfte zu erfolgreicher Absolvierung des Arbeitspensums, welches uns der kommende Tag auferlegt. — Während des Schlafes steht unser Organismus im Zeichen von Restituierung und der Entwicklung neuer Arbeitspotenzen.

Unter solchen Umständen ist es wohl begründet, in einem Zusammenhang von Schlaf zu sprechen, in welchem unser ganzes Interesse darauf gerichtet ist, diejenigen klimatischen Bedingungen zu erforschen, welche geeignet sind, die Restituierung von Gesunden und Kranken zu fördern und dem Körper neue Kraftreserven zuzuführen. Es kann kaum anders sein, als daß der Erfolg einer klimatischen Kur in entscheidender Weise davon beeinflußt ist, wie der Erholungs-suchende in seinem Schlafverhalten auf das Heilklima reagiert.

Die Kenntnisse, über welche wir in bezug auf die Abhängigkeit der Schlaffunktion von klimatischen Einwirkungen verfügen, stehen leider in einem schlechten Verhältnis zum offenkundigen Bedürfnis nach exakter Orientierung. Wir dürfen uns allerdings über dieses Mißverhältnis nicht wundern. Stellt doch der Schlaf selbst ein Problem mit Fragezeichen dar. Dementsprechend fehlen die wesentlichen Gesichtspunkte, nach welchen wir unsere Erfahrungen über den Einfluß klimatischer Faktoren auf den Schlaf ordnen und beurteilen können.

Mit der Feststellung dieser Tatsache sei ausgesprochen, daß wir unsere Aufgabe nicht als erfüllt betrachten, wenn wir uns darauf beschränken, empirische Erfahrungen zu referieren. Wir wollen auch versuchen, jene Gesichtspunkte zu gewinnen, welche uns die kli-

matischen Einflüsse auf den Schlaf verstehen und den Zusammenhang des Schlafverhaltens mit andern Reaktionsformen des Organismus auf klimatische Faktoren erkennen lassen

Welches sind nun die Erfahrungen über den Einfluß des Klimas — insbesondere des Gebirgsklimas — auf den Schlaf? Es ist auffällig, daß dort, wo ein Klimawechsel den Schlaf beeinflußt, dies meist im Sinne einer Schlafstörung ist. Dies gilt sowohl vom Gebirge wie von der Subarktis und von den Tropen! Nur das Wustenklima scheint nach *Loewy's* Referat eine ruhmliche Ausnahme zu machen. Die erwähnte Schlafstörung äußert sich in der Schwierigkeit, den Schlaf zu finden und in einer Verminderung der Schlaftiefe. Es besteht eine ausgesprochene Neigung zu aufregenden Traumen, zu allzu frühem Erwachen, überhaupt zu Schlafunterbrechungen, die durch keine äußern Ursachen motiviert sind.

In bezug auf die *speziellen Momente*, welche das Auftreten der Schlafstörung bedingen, ist soviel sicher, daß es sich in der Regel um Menschen handelt, deren Schlafvermögen sich ohnehin in einem Zustand der Labilität befindet. Auffallenderweise können aber gelegentlich gerade solche Leute, die in ihrem heimatlichen Klima sehr von Schlaflosigkeit geplagt sind, mit einer bedeutenden Besserung ihres Zustandes reagieren. Indessen ist zu berücksichtigen, daß diese inverse Beeinflussung des Schlafes vielleicht mit den spezifischen Klimafaktoren direkt nichts zu tun hat. So ist *Goldscheider* geneigt, psychologische Momente, die durch Milieuwechsel im allgemeinen bedingt sind, erklärend heranzuziehen. Nach *Schrumpf* soll auch der Schlaf kleiner Kinder besonders gebirgsklimaempfindlich sein. Kinder über 5—6 Jahre schlafen dagegen im Hochgebirgsklima meistens sehr gut.

Eine wichtige Rolle in bezug auf die Schlafreaktion spielt naturgemäß das Verhalten am Tage. Neuheit und Schönheit der Gebirgswelt kann allzu leicht Veranlassung zu ungewohnten körperlichen Anstrengungen geben. Auch wird ja das Gebirge häufig gerade aus touristischen Zwecken aufgesucht. Es ist nun Erfahrung, daß der Einfluß des Höhenklimas im Verein mit körperlicher Anstrengung ganz besonders schlaffeeindlich wirkt.

In *zeitlicher Hinsicht* ist zu sagen, daß es wie bei andern Reaktionsformen auch beim Schlafverhalten im Verlaufe des Aufenthaltes zu einem Abklingen der Störung kommt. Ob es dabei beim Tieflandbewohner schließlich zu einem vollständigen Ausgleich kommt, darüber fehlen Angaben.

Auch in der Periode der Angewöhnung wirkt die Tagesbeschäftigung natürlich ihre Einflüsse in die Zeit des Schlafes hinein. Die schlaffeeindliche Wirkung einer körperlichen Anstrengung kann dabei, wenn sie in vorsichtigem Training erreicht wird, sehr leicht in einen schlaffordernden Einfluß umschlagen. Ist doch Ermüdung der Auftakt einer Umstimmung des gesamten Organismus zu einem Verhalten, in welchem die Ermüdungserscheinungen gelöscht werden. Im Schlaf kommt eine solche Umstimmung in ihrem stärksten Akzent

zum Ausdruck Daß auch das psychische Moment bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Schlafstörung sich ausgleicht eine wichtige Rolle spielt, sei, weil selbstverständlich, nur beiläufig erwähnt

Wenn eine weitgehende Besserung und ein vollständiges Verschwinden der Schlafstörung die Regel ist, so bleibt diese Regel doch nicht ohne Ausnahme Es können Wochen, ja Monate vergehen, ohne daß in bezug auf das Schlafvermögen Akklimatisation erfolgt Ja es kommt sogar vor, daß anfanglich kaum ein ungünstiger Einfluß des Gebirgsklimas auf den Schlaf bestanden hat, daß sich ein solcher aber zunehmend entwickelt Es tritt mit der Zeit eine eigentliche Ueberempfindlichkeit auf, aus welcher ein sehr ubelr Zustand resultiert An Stelle der Schlafruhe bringt die Nacht einen qualenden Erregungszustand, welcher den Schlaf verschleicht oder nur in Begleitung von schweren Traumen zustande kommen läßt In solchen Fällen wird die Schlafstörung zum Zwang, dem Hohenklima zu entfliehen

Aus praktischen Gründen wäre es wünschenswert, wenn Angaben gemacht werden könnten über die *Höhen Grenzen* bei welchen sich im Schlafverhalten Symptome äußern Es stimmt mit dem, was wir über andere klimatische Faktoren kennen, überein, daß eine solche Grenze nur sehr bedingungsweise angegeben werden kann Es wird über Fälle berichtet, die schon in Höhenlagen, bei denen man nicht von Gebirgsklima reden kann, mit ausgesprochener Schlafstörung reagieren, z B bei 600 Metern, wogegen aber auch vorzüglicher Schlaf in über 2000 m Höhe selbst bei frisch Zugereisten durchaus nichts Ungewohntes ist Der Hohengürtel, bei dessen Durchschreiten ungünstige Schlafreaktion häufiger hervortritt, scheint bei 1800 bis 2000 m zu liegen Natürlich kommt es, abgesehen von der Disposition, darauf an, von welcher Höhe aus die Uebersiedelung ins Gebirgsklima erfolgt Es kann aber nicht gesagt werden, daß es nur auf die *Höhendifferenz* und nicht auch auf die *absolute* Höhe an kommt

Auffallend und mit der einleitend ausgesprochenen Einschätzung der Bedeutung des Schlafes in einem gewissen Widerspruch steht die Erfahrung, daß die Folgen der Schlafstörung dort, wo sie infolge des Hohenklimas auftritt, in der Regel gut ertragen werden Es hat den Anschein, als ob das subjektive und objektive Schlafbedürfnis herabgesetzt ist, so daß es mit kurzen Schlafperioden und weniger tiefem Schlaf schon gesättigt werden kann So etwas liegt durchaus im Bereich des Möglichen Wir kennen die Regel, daß der Mensch durchschnittlich $\frac{1}{3}$ der Tagesperiode zum Schlafen brauche Es existieren aber Leute, die mit viel weniger Schlaf auskommen, andauernd zu intensiven Leistungen befähigt sind und bei voller körperlicher Gesundheit bleiben Wichtiger in diesem Zusammenhang ist der Umstand, daß auch für den einzelnen Menschen das Schlafbedürfnis nach Dauer und Tiefe einem Wechsel unterworfen ist In die Augen springend in dieser Beziehung ist der Unterschied zwischen Sommer und Winter In besonders starker Akzentuierung tritt nach *Hellpach* der Ge

gensatz in der Subarktis auf. Wir dürfen diese Erscheinung kaum die Interpretation geben, daß sie unmittelbar durch die Beleuchtungsverhältnisse, durch Schallreize u. a. veranlaßt sei. Der Wechsel im Schlafbedürfnis ist in komplexer Weise an den Wechsel der Jahreszeiten gebunden.

Zur Erklärung der Erscheinung, daß die durch das Gebirgsklima verursachte Schlafstörung relativ gut ertragen wird, kann auch die Tatsache herangezogen werden, daß das Kurleben nicht allzu große Ansprüche an die Geistesfunktionen stellt. In dieser Beziehung ist zu beachten, daß beim Wachzustand genau so gut wie beim Schlaf die Intensität, mit welcher der jeweilige Zustand ausgebildet ist, verschieden sein kann. Beim Schlaf kommt die Intensität in der Schlaf tiefe zum Ausdruck, beim Wachsein gibt es verschiedene Grade gesteigerter Wachheit. Es kann kaum behauptet werden, daß diese während des Kurlebens in ihrem höchsten Grad zur Entfaltung kommt. Wenn nun tagsüber nur eine geringere Nutzung der psychischen Potenzen erfolgt, so ist es verständlich, daß auch die Gegenphase der Restituierung kurzer und flacher verläuft.

Fragen wir nun nach den Mechanismen der klimatisch bedingten Schlafstörungen, so haben wir an direkt und indirekt wirkende Einflüsse zu denken. Direkte Wirkung liegt vor, wenn das Nervensystem unmittelbar von Faktoren getroffen wird, welche eine Umstimmung desselben im Sinne einer Schlafverdrängung bewirken. Wir werden hierüber noch zu sprechen haben. Indirekte Wirkung entfaltet sich, wenn der Klimaeinfluß primär irgendein anderes Organ trifft, dessen veränderte Funktion erst für die Schlafstörung verantwortlich zu machen ist. In diesem Sinne weist *Schrumpf* dem Herzen eine besonders wichtige Rolle zu. Die Beziehung von Herz zu Schlaf ergibt sich aus der Erfahrung, daß oft das erste Symptom eines manifest werdenden Herzleidens die Schlaflosigkeit bildet. In analoger Weise konnte nun auch akute Herzüberanstrengung, zu welcher die Bedingungen des Gebirges in verschiedener Hinsicht Anlaß geben, in der Genese der Schlafstörung eine besondere Bedeutung haben. Daneben kommen aber auch vasomotorische Reaktionen mit Blutverschiebungen, welche die Gehirndurchblutung in Mitleidenschaft ziehen, in Frage, ferner Einflüsse aus dem Gebiete des Verdauungsapparates. Hier weist *Schrumpf* auf den uns allerdings fraglich erscheinenden Mechanismus eines Empordrängens des Zwerchfelles — mit Rückwirkung auf die Zirkulation — durch die sich ausdehnenden Darmgase hin. Näher liegend erscheint uns die Annahme von Effekten, welche von einem veränderten Verdauungsmechanismus herkommen, sei es, daß sie durch eine Reaktion der die Verdauungsfermente sezernierenden Drüsen bedingt wäre, oder durch Veränderungen im Chemismus der bakteriellen Tätigkeit oder schließlich im Auftreten von Reizstoffen, welche mit den aus dem Gebirgsklima stammenden Vegetabilien, z. B. über die Milch, in das Resorbat des Verdauungsapparates gelangen.

Naheliegend ist auch die Vermutung, daß eine Komponente schlafstörender Wirkungen von der Haut ausgehen kann, zum Teil in Form von qualitativ und quantitativ veränderter Sinnesreize, sei es in Form chemischer Produkte, welche die stark bestrahlte Haut in die Blutbahn wirft. Unter einem solchen Gesichtswinkel lassen sich vielleicht die bereits erwähnten interessanten Fälle einer sich im Gebirgsklima erst nach und nach ausbildenden Schlafstörung verstehen.

In bezug auf die äußern Momente, welche als einzelne klimatische Faktoren zum Schlaf in spezieller Beziehung stehen, sind wir auf spärliche und recht unsichere Vermutungen angewiesen. Wir erwahnen einen Parallelismus zwischen der Schlafkurve einerseits und der Kurve der täglichen Luftdruckschwankungen und der Luftelektrizität andererseits. *Hellpach* hat auf zeitliche Beziehungen dieser Kurven hingewiesen. Eine gewisse Begründung erhält dieser Hinweis durch die Erfahrung, daß besonders in der Zeit vor den Gewittern viele Menschen mit gestörtem Schlaf reagieren.

Eine dem bisher besprochenen Effekte des Höhenklimas gerade entgegengesetzt wirkende Reaktionskomponente betr. Schlaf tritt in Erscheinung, wenn sich der Mensch in *große Höhen* begibt. Müdigkeit, Schlaflosigkeit — gesteigert bis zur unbezwingbaren Schlafsucht —, spielen im Bild der Bergkrankheit eine große Rolle. Wenn die Höhe passiv, z. B. im Ballon oder in der Unterdruckkammer erreicht wird, treten die genannten Symptome sogar in erster Linie hervor. Vom klimatisch-therapeutischen Standpunkt aus hat diese Erscheinung allerdings geringes Interesse, um so größer in theoretischer Hinsicht, denn es handelt sich gleichsam um ein physiologisches Experiment, welches geeignet ist, *Beziehungen zwischen Schlaf Funktionen und andern Klimasymptomen* aufzudecken. In dieser Hinsicht weisen wir auf die Abnahme der Fähigkeit hin, in qualitativer und quantitativer Beziehung die Skelettmuskulatur zu beherrschen. Auch das Auftreten von Erbrechen im Zusammenhang mit Schlafsucht ist wohl zu beachten.

In bezug auf die äußere Ursache sehen wir klarer als bei der in mittlerer Höhenlage zu beobachtenden Schlaflosigkeit. Es handelt sich zweifellos um eine Folge der Luftverdünnung. Dabei muß allerdings vorerst die Frage offen bleiben, ob die Schlafsucht eine *direkte* Konsequenz insuffizienter Gewebeatmung ist oder ob sich im Mechanismus noch ein Zwischenglied einschaltet. Auf diesen letzten Gedanken werden wir geführt, wenn wir die unter normalen Bedingungen auftretende Müdigkeit und den physiologischen Schlaf nicht als Ausdruck eines wirklichen Unvermögens zu Leistungen auffassen, sondern als Äußerung regulierender Vorgänge. Durch Hemmungen wird — in unserer Beurteilung — dem Organismus ein Verhalten aufgezwungen, in welchem er selbst von Unternehmungen abläßt, welche irreparable Schädigungen zur Folge haben mußten.

Wir berühren damit ein Thema, mit welchem wir uns in letzter Zeit viel beschäftigt haben. Da für uns die Auffassung, die wir uns

über diesen Punkt gebildet haben, begleitend ist für die Bewertung der im Schlafverhalten zum Ausdruck kommenden klimatischen Einflüsse, müssen wir mit einigen Worten auf die Frage nach dem Wesen des Schlafes eingehen

Es trifft den Kernpunkt unserer Anschauung, wenn wir für die Erklärung von Müdigkeit und Schlaf eine kortikozentrische Betrachtungsweise ablehnen. Der Kortex ist führendes Organ, wo es sich um die Regulation der Beziehungen zwischen Individuen und Umwelt handelt, d. h. um sogen. *animale Funktionen*. In der Ausübung der Schlaffunktionen handelt es sich aber unzweifelhaft um die Regulierung von Verhältnissen im Innern des Organismus, d. i. im Funktionsmilieu der Zellen. Hier ist das vegetative Nervensystem das regulierende Kontrollorgan. Dementsprechend betrachten wir den Kortex im Schlafzustand als *Erfolgsorgan des vegetativen Nervensystems*.

Es ist eine heute viel diskutierte Frage nach dem Vorhandensein und der eventuellen Rolle einer vegetativen Innervation des Skelettmuskels. Man sucht nach der Auswirkung einer solchen Innervationsweise. Wir dürfen die Zeichen nicht übersehen, welche darauf hindeuten, daß der erwähnten Frage ein viel weiter greifendes Problem zugrunde liegt. Es formuliert sich dahin, daß mit dem Skelettmuskel auch sein ganzer Innervationsapparat, nicht ausgenommen dessen höchste Abschnitte im Zentralnervensystem, ferner die animalen Sinnesapparate in ihrer Funktion vom vegetativen Nervensystem entscheidend beeinflusst sind.

Der Schlafzustand ist ein solches Zeichen. Bedenken wir nochmals, daß das Ziel animaler Leistung darauf gerichtet ist die Wechselbeziehungen zwischen Individuum und Umweltfaktoren zu regulieren, d. h. nach den Interessen des Individuums zu ordnen. Die Hilflosigkeit des Schlafenden ist sehr wenig geeignet, eine solche Ordnung zu treffen! Sie steht zu einer solchen Aufgabe sogar in direktem Widerspruch. Die Funktionsruhe des animalen Systems während des Schlafes ist hingegen in hohem Maße dazu angetan, Aufgaben vegetativer Qualität in Erfüllung gehen zu lassen. Diese Aufgaben bestehen in der Regulierung der Funktionsbedingungen der einzelnen Zellen innerhalb der Gewebe. Hier gilt es zu erkennen, daß im Vollzug dieser Regulierung das vegetative Nervensystem die Führung hat und zwar gleichgültig, ob das Gewebe einem animalen oder einem vegetativen Organ angehört. In dieser Betrachtungsweise ziehen wir den Schluß, daß beim Übergang vom Wachsein zum Schlaf und umgekehrt der Kortex und seine Hilfsorgane die Funktionsfreiheit nicht „freiwillig“ aufgeben und autarchisch zurücknehmen, sondern daß ihnen diese Zustandsänderung durch ein besonderes Regulationssystem auferlegt wird. Der Ursprung der regulierenden Reflexe ist in Verhältnissen im Innern der Gewebe zu suchen. Als Träger dieser regulatorischen Vorgänge kommt im Hinblick auf die Qualität der Leistungen nur das vegetative Nervensystem in Frage.

Wesentlich an dieser hier nur kurz skizzierten Auffassung ist die Form, in welcher das vegetative Nervensystem seinen Einfluß auf die animalen Organe geltend macht. Es handelt sich nicht um Reize, die direkt in Funktion des animalen Organes umgesetzt werden, sondern um die Dosierung der Funktionsbereitschaft um eine Regulierung der Erregbarkeit. Der Grad dieser Bereitschaft aller animalen Organe erreicht im Schlafzustand sein Minimum.

In bezug auf die durch unsere Auffassung begründenden Beobachtungen müssen wir auf eine an anderer Stelle gegebene Darstellung hinweisen ¹⁾ Wir treffen solche auf dem Gebiete der Physiologie, der Pharmakologie und der Psychopathologie. Nur eines physiologischen Phänomens mochten wir gedenken, weil es uns nicht nur als Argument, sondern gleichzeitig auch zur Erläuterung der in knappen Worten geschilderten Beurteilung dient. Wir meinen das Verhalten der Pupille im Schlaf. Das Auge ist ein Organ, dessen Leistung zu den psychischen Funktionen in engster Beziehung steht. Die Qualität seiner Leistung stempelt es zu einem Organ, welches animale Funktion in höchster Entfaltung hervorbringt. Dennoch sehen wir, wie das vegetative Nervensystem regulierend in seine Funktionen eingreift, indem durch das Gleichgewicht zwischen sympathischer und parasympathischer Innervation der Iris die Pupillenweite bestimmt wird. Die Pupille ist der Regulator für die Lichtfülle, welche auf die Retina gelangt, und zwar ein sehr wirksamer Regulator. Berechnen wir doch, daß die Intensität des zugelassenen Lichtreizes durch das Verhalten der Irisinnervation um das 20fache seines Betrages variiert werden kann. Es fügt sich in das eben gezeichnete Bild, welches wir vom vegetativen Nervensystem als Regulator der Funktionsbereitschaft animaler Organe machen, daß im Schlaf die Pupille eng ist.

Vorerst erscheint es als Widerspruch zu dem, was wir über die Bedeutung der Iris wissen, daß wir Engstellung der Pupille auch dann konstatieren, wenn kaum eine Spur von Licht ins Auge fällt. Dieser Widerspruch besteht aber nur solange, als wir eine Ursache unter den Außenfaktoren suchen, wie solche im Zusammenhang mit der animalen Sehfunktion wirksam sind. Er fällt dahin, wenn wir im Schlaf einen Zustand erkennen, welcher von innen heraus d. h. aus dem Milieu der Gewebe inszeniert wird und Hemmungen in der Aufnahme des animalen Reizes zur Folge hat. In der Hemmung, welche vegetative Innervation beim schlafenden Auge in die Bahn des Lichtreizes hineinlegt, erblicken wir das Abbild von Verhältnissen, wie sie im Schlafe auch in den Organen der Reizverarbeitung und des animalen Reizerfolges bestehen. Wenn das vegetative Nervensystem das Spiel der Erregungen im ganzen Bereich des animalen Systemes durch Herab-

¹⁾ W. R. Heß: Ueber die Wechselbeziehungen zwischen psychischen und vegetativen Funktionen. Neurol. und psychiatr. Abhandlung. Heft 2. Orell Füßli Verlag. Zürich 1925.

setzung seiner Funktionsbereitschaft dampft, so geschieht dies, um optimale Restituierungsbedingungen zu gestalten

Wir kehren zu unserm speziellen Thema zurück wenn wir uns nun noch einmal die Frage vorlegen, ob die Symptome der Schlafsucht in großen Hohen Erschöpfung oder Schutz vor Erschöpfung seien Unser eigener Standpunkt in dieser Frage ist nach dem Gesagten bereits ausgesprochen! Wir können es nicht glauben, daß die Funktionselemente unserer Gewebe, diejenigen des Nervensystems zu allerletzt, den Schädigungen, welche eine Funktion unter ungeeigneten Bedingungen bringen wurden, ohne Sicherung *preisgegeben* sind Viel näher liegt uns die aus unserer Deutung des Schlafphänomens abgeleitete Vorstellung daß die Gewebeelemente in den Schutz von Reflexen gestellt sind, welche hemmend eingreifen, wenn Lädierung droht So sind wir geneigt, einen guten Teil von dem, was unter dem Bild von Schwäche und Erschöpfung erscheint, als Ausdruck präventiver Regulierung anzusprechen, wobei speziell der Parasympathikus seine Rolle eines Schutzorganes spielt, welches über die Integrität der Gewebe wacht Daß sich neben Symptomen der Funktionshemmung auch solche der Erregung in das Krankheitsbild hineinmischen, spricht nicht gegen unsere Deutung Sehen wir doch auch in andern Situationen, wo die Faktoren des animalen und des vegetativen Lebens im Kampf liegen, diese Mischung sich widerstreitender Effekte

In bezug auf die Schlaflosigkeit im Gebirgsklima ergibt sich aus dem Gesagten die Erklärung, daß wir es auch hier mit einer an den Organen psychischer Tätigkeit sich auswirkenden Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen sympathischem und parasympathischem Einfluß zu tun haben Im speziellen kommt ein Vordringen des sympathischen Prinzipes und seiner hormonalen Hilfsorgane in Frage

Durch diese Auffassung erhalten wir nun auch den Schlüssel welcher uns die Beziehung des Schlafverhaltens zu andern klimatisch bedingten Symptomen herstellen läßt In bezug auf das Herz ergibt sich z B die Deutung, daß seine Reaktion auf das Gebirgsklima weniger Ursache als Parallelsymptom zur Schlafstörung ist Der Kerneffekt ist eine Verschiebung im Gleichgewicht der beiden antagonistischen Abschnitte des vegetativen Nervensystems Auch das Verhalten von Temperatur und Atmung betrachten wir in erster Linie von diesem Standpunkt, insbesondere die Verschiebung der Erregbarkeit des Atemzentrums

Durch diese Hinweise laufen wir Gefahr, in unbefugt erscheinen der Weise in andere Themata hinüberzugreifen Dies wollten wir nicht tun Es kam uns aber — wie in der Einleitung angedeutet — darauf an, die im Schlafverhalten zum Ausdruck kommenden Klimawirkungen *in Beziehung zu andern Reaktionsformen* des Organismus zu bringen in der Einzelercheinung das Symptom einer Reaktion des Gesamtorganismus zu erkennen

Azione del clima sulle funzioni dei centri e degli organi di senso superiori

Relazione di *S. Baglioni* Direttore dell'Istituto di Fisiologia umana della R. Università di Roma

Numerose, e talune anche oggi preziose, sono le notizie che troviamo nei vari scritti di antichi medici e letterati amici delle Alpi sugli effetti dell'alta montagna sulle funzioni dei centri nervosi e sulla psiche. *N. Luntz* e i suoi collaboratori le ricordano nel primo capitolo del loro classico volume di *Hohenklma und Berg wanderungen* (1906), agli illustri scrittori ivi citati forse sarebbe da aggiungere lo *Zimmermann* col suo celebre trattato della Solitudine.

L'epoca delle ricerche moderne scientifiche, come in genere per tutti i capitoli della fisiologia in Alta montagna anche per questo dei centri nervosi e degli organi di senso superiori, si inizia con *Angelo Mosso* e la sua scuola.

La sua Fisiologia dell'uomo sulle Alpi (Milano, Treves 1897, 1898) è una miniera di osservazioni, di ricerche sperimentali di problemi, che sempre attraggono e avvingono la mente del lettore, affascinata dall'entusiasmo e dall'ardore che questo grande Fisiologo sapeva porre nelle questioni di fisiologia e di igiene sociale che più lo attraevano quali la fatica, e l'educazione fisica.

Fu egli il primo (e non mi è riuscito, in una rapida scorsa alla letteratura, di trovare che altri lo abbiano seguito) a ricercare gli effetti dell'alta montagna sul senso visivo.

Servendosi della serie di lane colorate di *Holmgren* tanto della serie variante in gradazioni cromatiche come della serie della stessa tinta variante in intensità (colla mescolanza del bianco e del nero), per cui un colore verde si trovava in sette gradazioni *Mosso* vide che questo metodo che gli era sembrato abbastanza esatto per studiare la fatica dell'occhio in pianura, al Colle d'Olen non valeva ugualmente bene, perché in alto la luce è assai più viva così che già al detto colle vedeva alla distanza di due metri più distinte tutte le gradazioni dei colori che non in basso, e quando fu sulla vetta della piramide *Vincent* la luce era così intensa che, malgrado il forte abbagliamento, distingueva ancora meglio i colori.

,Io credo (egli dice) che il nostro occhio si rinforzi dopo pochi giorni passati sulle Alpi. Esiste secondo ogni probabilità anche un allenamento per l'occhio. Un pittore che esca di inverno dal suo studio e vada in montagna a fare degli studi, vede meno bene la natura, di quanto non la veda dopo una settimana di esercizio in piena luce. Delle grandi masse illuminate fortemente, che nel principio sembravano uniformi, mostreranno dopo delle particolarità e dei rilievi che prima non erano percepiti. Le gradazioni delle tinte si renderanno più palesi e l'occhio potrà analizzare assai meglio le ombre e i colori. Quando feci le prime osservazioni al Colle d'Olen erano già tre giorni che io vivevo in mezzo alla neve illuminata dal sole. Alla intensità maggiore della luce che mi faceva distinguere meglio le gradazioni delle lane colorate, credo debba aggiungersi la forza maggiore che aveva acquistato il mio occhio in tre giorni di allenamento.

Fu la difficoltà di poter compiere ricerche esatte di confronto colle condizioni della pianura che spinse Mosso ad osservare le variazioni dei colori del paesaggio specialmente nell'aurora e nel tramonto, i cui risultati, in forma di impressioni, formano la parte maggiore del suo opuscolo *Un'ascensione di inverno al Monte Rosa*.

Tra l'altro egli da queste esperienze conchiuse che „quando l'occhio ora fortemente abbagliato dalla luce vivissima riflessa dalla neve e dai ghiacciai, anche nei gradi estremi poteva ancora distinguere i colori, che sembravano tutti più saturi o più bassi, come dicono i pittori. Il giallo chiaro si confonde col bianco. Il rosa pallido e il rosa scuro sono sporchi e nerastri. Le ombre sono meno distinte e molli ed all'occhio stanco appaiono più scure. Il verde tende a confondersi coll'azzurro, ed il rosso gli pareva tra tutti i colori quello che l'occhio meglio percepisce anche nella profonda stanchezza“.

I colori più brillanti dei paesaggi alpini quali si veggono anche nei dipinti di grandi paesisti di montagna (Calame, Segantini), sono molto probabilmente dovuti alla maggior purezza dell'aria, povera di vapore acqueo, priva o quasi di strati di polvere che costituiscono appunto, come aveva già ben detto Leonardo, altrettanti filtri più o meno opachi ai raggi luminosi, da cui deriva la così detta prospettiva aerea.

Un altro fatto di facile osservazione connesso con questa proprietà dell'aria montana, riguarda gli errori della misura oculare delle distanze. E' noto che prescindendo dai dati che possiamo rilevare dalla prospettiva lineare o geometrica, e riferendoci ai dati della prospettiva aerea, gli oggetti ci sembrano in montagna e nei giorni sereni molto più vicini di quello che essi effettivamente siano. Un simile errore può in pianura solo raramente capitarci, immediatamente dopo una forte pioggia di estate, specialmente in vicinanza del mare ossia quando l'aria è stata purificata dalla polvere in essa sospesa.

Anche sulle funzioni dell'udito (sulle quali non mi è riuscito trovare ricerche fisiologiche pur essendo della massima importanza) la stessa proprietà dell'aria montana dovrebbe avere una notevole azione quella di trasmettere con maggiore intensità suoni e rumori che possono essere ancora moltiplicati dall'eco dei burroni e dei canali, o fortemente attutiti dalla nebbia e dalle nubi.

Ma è pure un'altra proprietà che distingue gli abitanti di alte regioni, l'uso di parlare a voce alta per farsi intendere a grandi distanze deve forse aver contribuito allo sviluppo della voce che si osserva anche nel canto degli alpini.

Certamente una non piccola importanza deve avere sullo sviluppo della funzione uditiva e della fonazione educandone i centri coll'autosservazione continua degli effetti della propria voce, l'immenso silenzio verde o candido delle soffici praterie e dei boschi prima e dopo il niveo l'ammanto invernale.

Molteplici sono le osservazioni del Mosso e di Galeotti sullo stato dei centri nervosi in alta montagna. Esse si riferiscono specialmente a vari disturbi (cefalea, senso di esaurimento e di fatica per effetto del lavoro muscolare nelle salite, o di emozioni) che potremmo dire patologici e più che al clima sono da attribuirsi a condizioni secondarie delle ascensioni. Non mancano tuttavia di confermare l'osservazione generale che ha la media altezza sul senso del benessere individuale e dell'umore, che diviene sereno, lieto, euforico, per cui il lavoro muscolare della marcia si compie con minore sforzo e maggiore agilità accompagnato da attività psichica manifestantesi colla facile loquela, anche in persone abitualmente taciturne e burbere. Quando però l'ascensione raggiunge altezze superiori (che varia a seconda degli individui e dell'allenamento) ai fatti euforici subentrano fenomeni depressivi e sgradevoli precursori del mal di montagna della cui genesi e sintomatologia non intendo qui occuparmi.

Che i centri nervosi tra tutti gli altri organi e tessuti animali, si caratterizzano per la proprietà di avere il massimo bisogno di ossigeno ho potuto venti anni fa dimostrare sperimentalmente e d'allora in poi con altre esperienze mie e dei miei allievi ripetutamente confermare, avendo visto che è possibile far sopravvivere un preparato centrale di rana o di rospo, completamente isolato dal corpo e senza irrorazione sanguigna, per un tempo più o meno lungo, da un minimo di quasi un'ora a più di 48 ore alla sola condizione che sia continuamente provvisto di ossigeno a una pressione superiore a quella della comune atmosfera del piano sia in forma di gas libero sia in forma di acqua ossigenata. La durata della sopravvivenza è poi inversamente proporzionale alla temperatura ambiente.

Secondo Mosso di tutti i centri nervosi sottocorticali, i più eccitabili all'azione dell'alto clima sono i centri respiratori bulbari, che reagiscono alla rarefazione aerea (ossia diminuzione di ossigeno)

dopo un periodo piu o meno lungo di abnorme eccitamento con un adattamento economico (coll'aumento della frequenza degli atti respiratori, piu che coll'accrescere l'intensita dei singoli atti) del ritmo respiratorio, che costituisce un fattore di allenamento o di adattamento opportuno alle speciali condizioni atmosferiche dell'alta montagna. Possiamo considerare questa reazione dei centri nervosi come una adatta reazione difensiva, che fa parte di quel complesso di importanti reazioni difensive o protettive, che costituiscono l'acclimamento e allenamento, e spiegano molti se non tutti i benefici effetti fisiologici di questo clima.

Gli organismi viventi e piu specialmente l'uomo differiscono essenzialmente dai diversi meccanici sistemi anche piu complessi, del mondo cosiddetto inanimato o non vivente, appunto per questa speciale proprieta di reagire alle cause perturbatrici o modificatrici dei loro processi, con due serie o fasi di fenomeni o effetti: una prima serie di effetti, per cosi dire, immediati o primari, che consistono in fenomeni di perturbazione e di decorso abnorme dei processi normali che potremmo quindi dire patologici e che costituiscono o determinano uno stato di malessere o di dolore. Tale stato di malessere o di dolore puo manifestarsi sia con fatti di eccitamento (nervoso e cardiaco) com'è il caso piu comune e in condizioni di turbamenti lievi o medi oppure con fatti depressivi che di ordinario seguono ai primi, e si osservano quando le cause perturbatrici durano piu a lungo o sono piu severe.

Se in questa prima fase gli organismi viventi non differiscono dai sistemi meccanici fisico-chimici sottoposti all'azione di cause perturbatrici, in quanto come essi fatalmente ne subiscono gli effetti e nella seconda fase che ne differiscono essenzialmente, costituendo questa un carattere essenziale degli organismi viventi. Per essa gli organismi reagiscono alle cause perturbatrici, beninteso quando queste non sono tali da produrre lesioni irreparabili con un grado di intensita variabile non solo secondo la natura delle cause perturbatrici e della intensita e durata della loro azione, ma anche secondo le condizioni generali di reattivita vitale degli organismi piu o meno giovani, piu o meno forti, piu o meno resistenti piu o meno allenati, dopo un periodo di tempo piu o meno lungo, nel quale mano mano vanno scomparendo gli effetti dannosi della prima serie subentrando gli effetti riparatori e benefici di questa seconda fase.

Il carattere fondamentale di questa fase reattiva consiste nel fatto che i processi che la costituiscono mirano allo scopo di riparare le perdite o di restaurare l'organismo o l'organo leso o perturbato nelle sue funzioni, in modo che esso ne esca illeso non solo, ma quasi sempre piu forte e piu resistente che non era prima dell'assalto delle cause perturbatrici. Si puo quindi considerare questa seconda fase da un punto di vista strettamente teleologico o vitale poiche e per opera sua che l'organismo si difende e protegge dalle cause dannose.

Non è il caso qui di entrare nella discussione filosofica del teleologismo vitale, allo scopo pratico delle nostre considerazioni e del problema che trattiamo è sufficiente riconoscere se non altro la praticità di usare questi concetti per potere intendere e spiegare i fatti complessi del campo biologico.

Si può pensare che questa seconda fase reattiva coincida o sia in intima connessione con quella proprietà generale della materia vivente che Hering indicò col nome di auto governo basandosi sulle sue osservazioni sulle immagini visive postume, egli come è noto fece l'ipotesi, che fu poi largamente confermata ed accolta anche per altri sistemi ed organi reattivi, che ad ogni stimolo efficace, provocante una fase di eccitamento che sia accompagnata da fenomeni catabolici, quando cessa lo stimolo, seguono automaticamente, col cessare dei fenomeni catabolici, fenomeni anabolici in senso opposto, che restaurano le sostanze consumate nell'eccitamento, non solo, ma ne producono una quantità maggiore. In tal modo alla fine di questo periodo postumo in cui è avvenuto il completo restauro o riposo dell'organo reattivo, l'eccitabilità e la capacità di lavoro di esso organo ha raggiunto un grado superiore a quello in cui si trovava nel momento dell'azione del primo stimolo.

Molti fenomeni dell'allenamento specialmente muscolare, sopra tutto la cosiddetta ipertrofia da iperattività, gli effetti benefici dell'esercizio funzionale dei vari organi, hanno trovato una facile spiegazione in questi concetti.

Questo complesso di reazioni difensive dell'organismo sembra però molto più vasto ed importante di quanto potrebbe credersi, tenendo conto di questi fatti di Fisiologia generale. Un fenomeno che da principio fu molto discusso, ma che oggi dopo le osservazioni diligenti e scrupolose di N. Zuntz e collaboratori sembra assodato è quello che riguarda la funzione emopoietica delle alte montagne. Oggi sappiamo che questo clima possiede una manifesta azione sull'emopoiesi, provocando un notevole aumento degli eritrociti nel sangue, previo eccitamento dell'attività del midollo osseo specialmente nei giovani individui e come effetto della rarefazione dell'aria, che produce diminuzione dell'ossigeno. Evidentemente questo fenomeno può essere considerato come un mezzo protettivo dell'organismo, il quale cerca di difendersi dall'azione dannosa della diminuita pressione dell'ossigeno aumentando il numero degli eritrociti che sono gli organi deputati alla funzione respiratoria interna. Probabilmente anche i leucociti, ai quali oggi si dà tanta importanza nella difesa dell'organismo contro i germi patogeni e le malattie infettive, subiranno una modificazione analoga che meriterebbe essere sottoposta ad un attento esame per stabilire se eventualmente l'azione dell'alto clima produca un effetto benefico non solo contro la povertà degli eritrociti, ma anche contro l'inertezza fagocitaria.

I processi reattivi di difesa che abbiamo sinora considerato decorrono nel nostro organismo silenziosamente e, sino a poco tempo

fa, nella piu completa oscurita e perfetto mistero senza che per questo diminuisse la loro importanza come mezzi difensivi dell'organismo

Ma anche nel campo del sistema nervoso e degli organi di senso superiore si possono segnalare fenomeni reattivi di difesa analoghi ai precedenti, che seguono come seconda fase ai fenomeni reattivi prodotti immediatamente dai diversi fattori perturbatori o modificatori delle condizioni vitali che incombono sugli organismi che vivono in pianura. E come benefici si devono indicare gli effetti di questa fase reattiva dei processi cellulari nascosti degli organi della vita vegetativa che decorrono incoscienti o subcoscienti o che, tutto al piu contribuiscono a destare nel sensorio quel complesso senso generale della cenestesi del benessere o malessere, cosi pure benefici sono da chiamare gli effetti reattivi secondari che avvengono subcoscienti o incoscienti nei centri spinali, bulbari e sottocorticali (un esempio di questi abbiamo accennato parlando delle modificazioni di adattamento dei centri respiratori) o coscienti, che costituiscono gli effetti superiori psichici connessi coll'attivita corticale che si manifestano in forma di sereno ritorno all'equilibrio psichico dopo le emozioni prodotte dalla prima serie di effetti

Come esempio tipico di questa duplice serie di effetti reattivi primari o sgradevoli, secondari o benefici, credo di poter addurre in quel notissimo disturbo cortico sensoriale della cosiddetta *vertigine dell'altezza*. Non e il caso di descriverlo, basta essenzialmente caratterizzarne la patogenesi. Persone abituate a camminare nel piano, non trovano difficolta di procedere su un trave di legno lungo alcuni metri e largo 5—10 centimetri, quando questo poggiasse saldamente su un marciapiede o su un pavimento tutti sono in grado, sotto il controllo della vista, di mettere piede innanzi piede senza temere pericolo di oscillare o di cadere da una banda o dall'altra del trave. Se si ripete lo stesso esperimento ponendo il trave a cavalcioni fra due saldi pilastri, ma libero nell'aria, ad una certa altezza anche di pochi metri, gli stessi individui non si perirebbero di ripetere l'esperimento, e se fossero costretti, sarebbero paralizzati dalla paura, che si manifesta in forma di vera ambascia, di cadere nel vuoto non considerando che in questo secondo esperimento non si richiede ad essi nessuna attenzione o sforzo neuro muscolare superiore al primo. Come e noto la vertigine dell'altezza, che e tanto comune in coloro che ascendono per la prima volta le montagne o una torre dipende precisamente da un errore di giudizio che proviene dall'immagine visiva dell'altezza la quale soverchia il giudizio della solidita che offre sicurezza di passaggio al sentiero. Individui che soffrono di questa vertigine, e noto, possono essere condotti a mano dalla guida dopo avere oro bendati gli occhi.

L'osservazione calma e serena e il riconoscimento dell'errore di giudizio che proviene dalla vista, frutto dell'abitudine e dell'esercizio di camminare sulle altezze e di non rivolgere l'attenzione ad

altro se non ai movimenti dei propri piedi e alla solidità del terreno, costituisce quella seconda fase reattiva di difesa dell'organismo sano, che nel campo psichico delle emozioni rappresenta uno dei benefici effetti non dispiezzabili dell'alta montagna, che contribuisce a rinforzare il nostro carattere dando a noi maggior fiducia nell'opera nostra effetto benefico che, come quelli incoscienti cellulari della vita vegetativa, non scompare col nostro ritorno alla vita della pianura ma che portiamo in noi per un tempo più o meno lungo, gradito dono del soggiorno nei monti

Ueber das Zustandekommen der physiologischen Hohenklimawirkungen

Von A. Loewy Davos

Die Kenntnis der Beschaffenheit der verschiedenen Klimate und der Klimafaktoren, aus denen sie sich zusammensetzen, ist die Grundlage zum Verstandnis ihrer Wirkungen auf die anorganische und organische Welt aber Beobachtung und Experiment müssen sich vereinigen, um festzustellen, welcher Art die Wirkungen der einzelnen Klimate sind, und auf welche ihrer Elemente sie sich zurückföhren lassen

Das Hohenklima nimmt unter den Klimaten eine besondere Stellung ein. *Ein* Klimafaktor zeigt ausschließlich in ihm eine mit zunehmender Höhe fortschreitende Veränderung, das ist der Barometerdruck, und damit die Sauerstoffspannung der Atmosphäre die beide mehr und mehr abnehmen. Ein *zweiter* Faktor zeigt gleichfalls Besonderheiten, nämlich die Sonnenstrahlung. Sie nimmt nicht nur quantitativ mit der Höhe zu, sondern ändert sich auch qualitativ in dem Sinne einer immer stärkeren Anteilnahme der kurzwelligen Strahlen. — Die sogenannten Warmefaktoren Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegungen bieten, wenn wir von der allmählichen Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe absehen, keine allgemeinen Eigentümlichkeiten. Auf sie sind die topographischen Verhältnisse ob Tal, ob Hang, ob Grat oder Gipfel, Windschutz, Lage zur Sonne, von wesentlichem Einfluß. Dasselbe gilt für die atmosphärischen Niederschläge. Nur das elektrische Verhalten der Atmosphäre läßt wieder Besonderheiten im Hohenklima erkennen darin bestehend, daß die elektrische Leitfähigkeit zunimmt, aber die Spannung, das Potentialgefälle in gleichem Maße abnimmt. Jedoch ist über die physiologischen Wirkungen der geänderten Luft Elektrizität im Hohenklima Sicheres nicht bekannt.

Die vom Hohenklima ausgehenden Wirkungen, die ich im allgemeinen als bekannt voraussetzen darf, müssen demnach zum Teil *unspezifisch* sein, das heißt derart wie sie sich in allen Klimaten finden. Das betrifft besonders die von den Warmefaktoren abhängigen Wirkungen. Daneben aber gehen vom Hohenklima *spezifische* nur ihm eigentümliche Wirkungen aus. Zu ihrer Erklärung

konnen nach unserm heutigen Wissen nur die beiden Klimafaktoren die in ihm eine spezifische Beschaffenheit haben Strahlung und Aenderung des Barometerdruckes, herangezogen werden. Obgleich aber die Fragestellung auf diese Weise sehr eingeengt ist, da ja die Entscheidung nur zwischen 2 Großen zu treffen ist, besteht zur Zeit keinerlei Uebereinstimmung in ihrer Bewertung. Im allgemeinen wird den Strahlungsverhältnissen die bei weitem größere physiologische Wichtigkeit beigemessen, dem Barometerdruck dagegen bis zu Hohen die ärztlich praktisch gar nicht mehr in Betracht kommen, nämlich bis zu etwa 3000 m nur sehr beschränkte Bedeutung. Besonders *Kestner* schreibt der Strahlung sehr weitgehende Wirkungen zu so daß er sie nicht nur für entscheidend für die therapeutische Wirkung eines Klimas, sondern für die Einwirkung desselben auf den Menschen überhaupt ansieht.

Die Strahlung übt direkte und indirekte Wirkungen auf den Körper. Die direkte bezieht sich, wenn wir von der Strahlenwirkung auf unser Sehorgan absehen auf die bekannten Veränderungen der Haut, insbesondere auf die Pigmentbildung. Die indirekten betreffen innere Funktionen des Organismus: Aenderungen der Atmung, Senkung des Blutdruckes, in die ultraviolette Strahlung geknüpfte Zunahme der Blutzellenzahl unter Umständen auch Steigerung des Gaswechsels.

Das Verhalten des letzteren ist besonders eingehend untersucht worden ohne daß man bis jetzt etwas Abschließendes sagen kann. Gaswechselsteigerungen auf Bestrahlung sind früher schon von einzelnen Autoren behauptet von andern vermisst worden. *Kestner* fand sie in Davos nur in der kalten, nicht in der warmen Jahreszeit. Man konnte geneigt sein, der sehr niedrigen Lufttemperatur im Winter die gaswechselsteigernde Wirkung zuzuschreiben aber *Kestner* mochte die jahreszeitlichen Unterschiede damit erklären, daß er die stoffwechselsteigernde Wirkung der Strahlung zwar auch im Sommer als vorhanden annimmt daß sie aber nicht in Erscheinung treten soll, weil zugleich der Erhaltungsumsatz zur Verhütung einer Ueberwärmung des Körpers entsprechend herabgesetzt und dadurch die Gaswechselsteigerung durch die Strahlung ausgeglichen wird. Diese Anschauung kann aber noch nicht als sicher bezeichnet werden.

Aber auch in der kalten Jahreszeit fand *Kestner* die Gaswechselsteigerungen im Hochklima nur bei einzelnen Personen nicht bei allen, und die Unterschiede, die zwischen den bei direkter Sonnenbestrahlung und den bei Sonnenschutz gewonnenen Werten bestehen sind teilweise sehr gering, in einem Falle bestehen überhaupt keine. Man kann also höchstens sagen daß bei empfindlichen Personen Bestrahlung im Hochgebirge im Winter Gaswechselsteigerungen auf treten läßt. Diese sollen aber nach *Kestner* besonderer Natur sein. Sie sollen nämlich nicht, wie gewöhnlich, durch Muskeltatigkeit hervorgerufen werden vielmehr durch Steigerung der Tätigkeit diu-siger Organe, deren Protoplasma dabei verändert werden soll. Es

wurde sich also nicht um eine Steigerung des sogen Betriebsstoffwechsels handeln, vielmehr in den sogen Baustoffwechsel der Organe eingegriffen werden. Der gesteigerte Abbau der Organe wurde einen gesteigerten Wiederaufbau, Regeneration und Verjüngung vorbereiten. Eine Kritik dieser experimentell noch nicht genügend gestützten Anschauungen wurde zu weit führen.

Augenfalliger und sicherer sind jedenfalls *die Strahlenwirkungen bei pathologischen Prozessen*. Die Heilung tuberkulöser Knochen und Gelenkerkrankungen, tuberkulöser Drüsen, die sicher gestellte Heilung der Rachitis. In diesen Fällen ebenso auch angesichts der Tatsache, daß unter Bestrahlung gesunder Haut abschnitte an Lupus erkrankte, *nicht* bestrahlte Stellen zur Heilung kommen, muß es sich um eigentümliche Fernwirkungen handeln, deren Mechanismus noch nicht geklärt ist. Es konnte sich um reflektorische Vorgänge handeln auf dem Wege des vegetativen Nervensystems, wobei die Erfolgsorgane direkt beeinflußt wurden, oder um die nervöse Beeinflussung innersekretorischer Drüsen, deren Sekrete die gefundenen Effekte veranlassen. Man denkt aber auch an von der Haut gebildete Hormone, die, in den Kreislauf übergehend, ihre Wirkungen entfalten. Nachgewiesen sind diese noch nicht.

Bemerkenswert ist jedenfalls, daß, wie *Pincussen* hier nachgewiesen hat, einfache Sonnenbestrahlung im Hochgebirge bei gesunden Tieren zu Änderungen des Mineralstoffwechsels führt, wobei das Kalium im Verhältnis zum Kalzium im Blute abnimmt, im Harn dagegen erheblich zunimmt. Kalium und Kalzium stehen, wie besonders die *Kraus'sche* Schule gezeigt hat, in besonderer Beziehung zum vegetativen System. Ob und in welcher Art auch die bei Bestrahlung gefundenen Verschiebungen zwischen Kalium und Kalzium Beziehungen zum vegetativen System haben, muß Sache weiterer Untersuchungen sein —

Die gleiche Unsicherheit wie für die Erklärung der Strahlungswirkungen herrschte bis vor kurzem für diejenigen, die von dem zweiten dem Höhenklima spezifischen Klimafaktor, der *Luftdruckerniedrigung* ausgelöst werden. Neuere Untersuchungen haben jedoch, wenigstens für einige wesentliche Wirkungen, zu einer eindeutigen Erklärung geführt.

Entgegengesetzt allen sonstigen Klimafaktoren, und zwar nicht nur den des Höhenklimas, sondern des Klimas überhaupt, greifen die von der Luftdruckerniedrigung ausgehenden Reize nicht am Hautorgan, vielmehr im Körper selbst an.

Daß das Leben unter vermindertem Luftdruck von einem gewissen, individuell übrigens sehr wechselnden Grade ab eine große Reihe unserer körperlichen Funktionen zu ändern und schließlich zu krankhaften Erscheinungen zu führen vermag durch direkten Angriff auf die Zentren dieser Funktionen oder auf die Erfolgsorgane selbst, ist lange bekannt. Aber bei den Wirkungen, die ich im

Auge habe, handelt es sich nicht um so starke Luftverdünnungen daß es zu deutlicher Anoxybiose kommt, vielmehr um die schon in *mittleren* Höhen zu beobachtenden gewissermaßen *normalen* Höhenwirkungen. Die Frage ist also, wie weit der verminderte Barometerdruck und die herabgesetzte Sauerstoffspannung wirksam sind für das Zustandekommen der bei der Mehrzahl der Tieflandbewohner beim Aufsuchen von mittleren Höhen sich einstellenden Höhenklimawirkungen, wie weit also in 1000 oder 1500 m Höhe die Änderungen der Atemfrequenz und Atemtiefe, und damit die Zunahme des Atemminutenvolumens ferner die Zunahme der Blutzellenzahl und des Hämoglobins, die Steigerung der Pulsfrequenz, das Ansteigen des Blutdruckes, das besonders bei altern Leuten beobachtet wird, endlich die Steigerungen des Gaswechsels durch die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphäre hervorgerufen werden.

Nach der herrschenden Lehre soll die atmosphärische Sauerstoffspannung unter 3000 m Höhe vollkommen ausreichen, um den Sauerstoffbedarf der Organe zu decken. Unter 3000 m sollen die genannten Wirkungen durch irgendwelche anderen Klimafaktoren von der Haut aus reflektorisch oder hormonal zustande kommen.

Diese Lehre kann aber kaum zutreffen — Sie gilt sicher nicht für die Steigerung der Blutzellenzahl, für deren Zustandekommen, wie Versuche an Tieren und Beobachtungen am Menschen lehren, schon in geringen Höhen der erniedrigte Barometerdruck eine Rolle spielt. Aber sie gilt auch nicht für andere Höhenklimawirkungen. Denn es läßt sich zeigen, daß schon in zirka 1500 m Höhe verschiedene, und gerade die deutlichsten der zur Beobachtung kommenden physiologischen Höhenklimawirkungen durch Sauerstoffatmung größtenteils oder ganz rückgängig gemacht werden können. Es muß also schon in dieser Höhe Sauerstoffmangel an ihrem Entstehen beteiligt sein. wenigstens Sauerstoffmangel der Gewebe, trotzdem das arterielle Blut, das ihn zu diesen führt, nur wenig an Sauerstoff verarmt ist, und jedenfalls noch so reichlich Sauerstoff führt, daß seine *Menge* zur Bestreitung des Sauerstoffbedarfs zum mindesten des ruhenden Körpers ausreichen mußte. Der trotzdem bestehende Sauerstoffmangel einzelner Organe zeigt einerseits, daß die mit der Höhe abnehmende Sauerstoffspannung des Blutplasmas einen genügenden Sauerstoffuberschuss nicht mehr zu allen Organen zustandekommen läßt, und läßt anderseits erkennen, welche Organe in erster Linie auf diejenige hohe Sauerstoffspannung des Blutes eingestellt sind, unter der sie ständig leben, und an die sie gewöhnt sind.

Denn nicht alle Gewebe sind gleich empfindlich für die Abnahme des Blutsauerstoffes. Am empfindlichsten scheinen die Zentren für die lebenswichtigsten Vorgänge zu sein: Atemzentrum, Vasomotorenzentrum, wohl auch Herzzentrum. Bei etwa 80 % der aus dem Tieflande zur Höhe aufsteigenden Menschen nimmt das Atemvolumen schon in 1500 m Höhe zu. bei der überwiegenden Mehrzahl der von mir Untersuchten nahm es unter Sauerstoffatmung bis zu den Tief

landswerten, oder nahe daran, ab, gewöhnlich um so mehr je mehr es in der Höhe gesteigert war. Die Einschränkung des Atemvolumens durch Sauerstoff kann schon hier in Davos bis zu 2 Liter und bis zu fast 36 % ausmachen.

Auch der Blutdruck erweist sich, wenn auch weniger häufig als die Atmung, beim Uebergang in die Höhe gesteigert, nicht selten um 30—50—60 mm, bis zu hypertonischen Werten, insbesondere bei altern Leuten. Auch er sinkt bei Sauerstoffatmung, so daß die Tieflandwerte erreicht werden können, er kann also durch Sauerstoffzufuhr in wenigen Minuten um 50—60 mm hinabgehen.

Die Steigerungen der Atmung und des Blutdruckes im Hohen Klima erklären sich durch Erregung der Zentren infolge von lokalem Sauerstoffmangel, die Wirkung der Sauerstoffzufuhr durch Fortfall dieser Erregung.

Die Hohenklimawirkungen sind nun individuell sehr verschieden ausgebildet, ohne daß man bisher eine für jeden Fall ausreichende Ursache für diese Verschiedenheiten anzugeben wußte. Von dem eben angegebenen Standpunkte aus läßt sich eine Erklärung für das mehr oder weniger intensive Auftreten der Hohenklimawirkungen, für ihr Auftreten teils schon in niedrigen, teils erst in großen Höhenlagen durch eine mehr oder weniger günstige Sauerstoffversorgung der Zentren geben. Daher die starke Höhenwirkung bei Anämischen, bei Kranken mit Zirkulationsstörungen. Hierher gehören aber auch die Eigentümlichkeiten alterer Menschen. Bei ihnen sind gewöhnlich die Hohenklimawirkungen besonders ausgeprägt: die Atmungssteigerung hält außergewöhnlich lange an, erhebliche Blutdrucksteigerungen finden sich eigentlich nur bei altern Leuten, der Gaswechsel bei Körperruhe ist deutlicher und länger erhöht als bei jungen, und die Nachwirkung der Muskelarbeit auf den Gaswechsel dehnt sich weit länger aus als bei Jugendlichen. Alle diese Erscheinungen kann man damit erklären, daß durch sklerotische Prozesse an den Kapillaren oder Präkapillaren der Zentren die Gasdurchlässigkeit durch sie, also die Sauerstoffzufuhr zu den Zentren erschwert ist. Dabei ist aber das Alter nicht maßgebend in dem Sinne, daß proportional den Lebensjahren bei jedermann etwa der Blutdruck ansteigen mußte. Ich habe Tieflandbewohner, die hierher kamen, untersucht, die in den 60er Jahren standen und keine Blutdrucksteigerung zeigten, und solche in den 50ern, bei denen er stark gesteigert war. Das Vorgehen vieler Tieflandärzte, ganz allgemein Personen über etwa 50 Jahren vom Hochgebirgsaufenthalt fernzuhalten, ist demnach nicht gerechtfertigt. Es sollte wenigstens ermittelt werden, ob der Blutdruck im Tiefland überhaupt gesteigert ist und wie er auf Sauerstoffzufuhr dort reagiert. Einzelheiten darüber werden von Herrn *Michaud* vom klinischen Standpunkte aus gebracht werden.

Wenn die Funktionsanregung beim Uebergang ins Hochgebirge und deren Rückgangsmachung durch Sauerstoffzufuhr erkennen lassen, daß die Gewebe an die herabgesetzte Sauerstoffspannung der

Atmosphäre nicht gewohnt sind so mußte man annehmen können, daß die im Hochgebirge Heimischen unter dem niedrigeren Luftdruck der Höhe sich wie die Tiefländer im Tieflande verhalten. Das ist auch mit Bezug auf Atmung und Blutdruck der Fall. Die Atemgröße wurde hier bei den Einheimischen, die ich bisher untersuchte, durch Sauerstoffatmung nicht herabgesetzt, und der Blutdruck der selbst bei Personen bis zu 66 Jahren niedrig war, wurde durch Sauerstoff nicht erniedrigt.

Das kann wohl als Zeichen vollkommener Akklimatisation betrachtet werden.

Endlich der Stoffwechsel. Der Gesamtstoffwechsel, gemessen am *Gaswechsel* erweist sich verhältnismäßig wenig empfindlich gegen Abnahme des Sauerstoffdruckes. Treten aber Veränderungen auf, so bestehen sie zunächst wiederum in einer Anregung, Steigerung des selben und auch diese vermag Sauerstoffatmung herabzusetzen, und zwar nicht nur bei Körperarbeit, was von vorneherein anzunehmen wäre, sondern schon bei Korperruhe in mittlerer Höhe. Ob hierbei irgendwelche Zentren beteiligt sind, oder ob es sich um Beeinflussung der Zellen selbst handelt, ist ungewiß, zumal ja die Frage der Stoffwechselzentren noch nicht ganz geklärt ist.

Am *Eiweiß* Stoffwechsel sind zwei Stufen der Wirkung des Sauerstoffmangels zu unterscheiden, wohl auch am Gesamtstoffwechsel nur daß bei letzterem die zweite Stufe, die in einer Einschränkung des Stoffwechsels besteht, beim Menschen wenigstens noch nicht sicher beobachtet wurde. Bei *mäßiger* Luftdruckerniedrigung kommt es zu Eiweißansatz bei *starker* zu gesteigertem Eiweißzerfall unter nachweisbarer Störung des intermediären Eiweißstoffwechsels der Organe. Demgegenüber kommt es im Tiefland zu Eiweißansatz nur durch Muskelarbeit wenigstens beim Erwachsenen. Vielleicht ist der Sauerstoffmangel unter dem jede Muskelkontraktion verläuft, auch im Tieflande die Ursache der Neubildung von Muskelsubstanz. — Weitere Wirkungen der Sauerstoffatmung die gleichfalls für einen lokalen Sauerstoffmangel sprechen, hat Herr *Stein* hier festgestellt. Sie betreffen Beeinflussung des Tremors und Änderungen der psychischen Reaktionsgeschwindigkeit. Bei den bisherigen Dilegungen befand ich mich auf dem Boden physiologischer Versuche. Nicht durch solche sondern durch Modellversuche hat jüngstens *Jacoby* die *mechanischen* Wirkungen näher zu präzisieren versucht die der Uebergang unter Luftverdünnung mit sich bringen soll. Mechanische Wirkungen beim Uebergang in dünnere Luft wurden schon früh behauptet, aber meist als physikalisch nicht genügend gestützt abgelehnt, mit Ausnahme der physikalisch einwandfreien Ausdehnung der Drümgase und ihrer Folgen für die Einschränkung des Brustraumes für das Verhalten des intrapleuralen Druckes und für die Zirkulation im kleinen Kreislauf.

Jacoby zeigt nun, daß wenn Luftdruckänderungen auch auf alle äußern Oberflächen eines Systems gleichmäßig einwirken sie doch

nicht auf alle *innern* Teile gleichmäßig zur Wirkung kommen, wenn innere elastische Kräfte ihnen entgegenwirken. Dahin wurde gehoben die verschiedene Elastizität der Gewebe, von Einfluß können aber auch sein die in den Körperflüssigkeiten gelösten Gase, die bei Verminderung des Außendruckes ihr Volumen vergrößern.

Dadurch, daß die Luftverdunnung sich auf die innern Körperteile verschieden gestaltet, kann es zu Verschiebungen beweglicher Massen, insbesondere des Blutes kommen, das zu den Orten niedrigeren Druckes strömt. In Betracht kommen hierbei vor allem die Lungengefäße. In ihnen soll es dadurch zu der von anderer Seite schon auf Grund von Tieversuchen behaupteten Blutansammlung kommen, damit zu vermehrter Arbeit des rechten Ventrikels und zu dessen Hypertrophie, die mehrfach — so bei im Hohenklime lebenden Vögeln — angegeben worden ist. Die Frage ist jedoch, wie weit die Ergebnisse dieser Modellversuche besonders in quantitativer Hinsicht auf den lebenden Körper übertragen werden können. — Auf weiteren Modellversuche *Jacoby's*, die die Festigkeit der Gelenke bei abnehmendem Außendruck betreffen, kann ich nur hinweisen. Sie knüpfen an die alten Versuche der Gebrüder *Weber* an, wonach der Luftdruck ein wesentliches Moment für den Zusammenhalt der Gelenke darstellt. Sinkt er, so werden von einem bestimmten Grade der Luftverdunnung an unter Dehnung der Gelenkbänder die Gelenkenden auseinanderstreben. Die verminderte Pressung der Gelenkenden, der verminderte Reibungswiderstand geben zunächst das Gefühl leichter Beweglichkeit bei Muskelarbeit, z. B. beim Wandern. Bisher wurde das leichtere Wandern im Hochgebirge auf die infolge der leichteren Wasserverdunstung verbesserte Wärme regulation, auf die dadurch erzielte geringere Steigerung der Körpertemperatur bei Muskelarbeit im Hochgebirge bezogen.

In *großern* Höhen macht sich demgegenüber eine schnellere Ermüdbarkeit bemerkbar, die *Jacoby* auf die durch die Dehnung der Gelenkbänder ausgeloste Steigerung des Muskeltonus bezieht. — Zugabe selbst, daß die genannten mechanischen Wirkungen in dem von *Jacoby* angegebenen Maße bestehen, so treten sie doch gegenüber den chemischen Wirkungen in den Hintergrund.

Zum Schlusse mochte ich darauf hinweisen, daß das Hohenklime auch auf das Zustandekommen von Arzneimittelwirkungen Einfluß hat. Das ist bis jetzt bewiesen für einige Inhalationsnarkotika *Bromathyl* und *Bromoform*. Man braucht schon hier in Davos wie *Hesse* fand, bei weitem mehr von ihnen zur Herbeiführung der Narkose als im Tieflande, noch mehr 1000 m höher. Zunächst muß die prozentische Narkotikumkonzentration in der Atemluft im Hohenklime größer sein als im Tieflande, um den gleichen Partialdruck des Narkotikums in der Atemluft zu erzeugen und damit *ceteris paribus* die gleiche Narkotikumkonzentration im Blute herbeizuführen. Das ist verständlich und erklärt sich aus den physikalischen Gasgesetzen. Aber es ergab sich vielfach, daß auch die Narkotikum-

konzentration im *Blut* hoher liegen mußte als im Tiefland, um Nukose zustande kommen zu lassen. Die Ursache *dieses* Befundes ist noch nicht sicher gestellt, *Hesse* führt ihn auf gesteigerte Erregbarkeit der Großhirnzentren zurück die schwerer ausgeschaltet werden können.

Ebenso verhält es sich mit dem *Alkohol*. Schon fast 2 Jahrhunderte alte, aus den Anden stammende Erfahrungen sprachen dafür, daß der Alkohol im Hohenklima weniger berauschend wirkt als im Tieflande. Man kann als Tieflander diese Angabe schon hier in Davos bestätigen. Hier von *Biehler* ausgeführte Versuche ergaben nun, daß bei Einführung gleicher Alkoholmengen in den Magen die Alkoholkonzentration im Blute um so niedriger liegt, je höher man sich über dem Meeresspiegel befindet: sie war im Tiefland am größten, geringer hier in Davos, noch geringer 1000 m höher auf Muottas Muragl im Engadin. Dieser Befund kann die geringere Wirkung des Alkohols auf das Großhirn erklären. Worauf jedoch diese Abnahme der Alkoholkonzentration im Blute mit zunehmender Höhe bei gleicher Aufnahme in den Magen beruht, ist noch genauer zu untersuchen. Die gesteigerte Atmung in der Höhe und die damit gesteigerte Abdunstung von Alkohol mit der Ausatemungsluft haben jedoch einen Anteil daran.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die wesentlichen sicher gestellten Wirkungen des Hohenklimas auf die physiologischen Vorgänge mit der verminderten Sauerstoffspannung der Hohenluft zusammenhängen und als die Folgen zentralen Sauerstoffmangels zu betrachten sind. Auch die bisher geprüften pharmakologischen Wirkungen lassen sich daraus erklären — Die Wirkungen der Sonnenstrahlung scheinen mir in ihrem Wesen noch nicht eindeutig klar gestellt zu sein — Mechanische Wirkungen sind neben den chemischen bzw. physikalisch-chemischen vorhanden, spielen jedoch nach den bisherigen Feststellungen keine maßgebende Rolle für das GROS der Hohenklimawirkungen.

Sull'acclimatizzazione e l'allenamento dell'uomo nell'alta montagna, nel periodo dell'involuzione senile

Prof *Benedetto Morpurgo* Torino

(Istituto Mosso, Col d'Olen, diretto dal Prof *A. Hertzko*)

— —

E diffusa fra i medici pratici l'opinione che le cure climatiche in alta montagna e gli esercizi fisici dell'alpinismo non siano da consigliare a persone di età avanzata, che abitualmente vivono al piano. Invero questa opinione è fondata piuttosto sulla cautela di non esporre degli individui con apparato circolatorio e respiratorio non perfettamente sano all'azione, per essi non indifferente e talora pericolosa, dell'altezza e del clima alpino ed alla fatica delle ascensioni, che non sulla precisa conoscenza che l'età avanzata di per sé, cagioni intolleranza per quei fattori climatici e sportivi.

Esistono singole esperienze fisiologiche eseguite in alta montagna su persone non giovani, ma finora non mi risulta che sia stato posto nettamente il quesito come si comporta l'organismo dell'uomo nel periodo dell'involuzione senile di fronte all'acclimatizzazione in alta montagna ed all'allenamento ad un moderato esercizio alpinistico? Questo quesito mi è sembrato degno di studio, specialmente se esso venga trattato riguardo ad individui che sogliono abitare nelle città, al piano, e siano dediti ad occupazioni sedentarie, in quanto che a tali individui il medico pratico assai spesso è chiamato a dare un consiglio riguardo alla scelta di luoghi di cura climatica, adatti per rinvigorire il corpo e rasserenare lo spirito nei periodi delle ferie.

Le mie osservazioni furono iniziate nell'anno 1921 quando compi il 60° anno di età e furono ripetute nel 1922 e in quest'anno con metodi pressoché invariati o leggermente modificati in seguito all'esperienza precedente.

La mia persona è particolarmente adatta a questo studio perché da tanto che sia in me iniziato il periodo dell'involuzione non ho finora nessun segno di alterazioni organiche né una notevole diminuzione della capacità di lavoro e sono dotato di un leggero grado di bradicardia congenita. Abito almeno per dieci mesi dell'anno in città al piano ho un'occupazione quasi esclusivamente mentale non faccio metodici esercizi ginnastici o sportivi sebbene sia fino dall'infanzia amante delle lunghe passeggiate. Posso dunque considerarmi come un uomo normalmente invecchiato di abitudini uguali a quelle della maggior parte degli impiegati e dei pro-

teccionisti Il peso del mio corpo varia poco ed oscilla fra i 70 ed i 72 chilogrammi la mia altezza è di m 166 le musculature sono discretamente robuste il perimetro toracico è di 98 cm Non ho avuto alcuna malattia che possa influire sulla costituzione generale venticinque anni or sono mi sono fratturato la gamba destra riportando un breve accorciamento dell'arto il quale ha alquanto modificato la statica dello scheletro e diminuito lo sviluppo delle musculature della metà destra del corpo

Gli esperimenti furono eseguiti all'Istituto Mosso sul M. Rosa a 2900 m di altezza in immediata prossimità dei ghiacciai Nelle ricerche sono stato efficacemente aiutato dal dottor Angelo Rabbeno che qui voglio ricordare con gratitudine

Alla fine dell'anno scolastico dopo la metà di luglio prima di partire per il M. Rosa esegui a Torino (m 276) tutte le ricerche che intendevo di ripetere all'Istituto Mosso riguardo all'acclimattizzazione e le stesse esperienze ripetei dopo il soggiorno al Col d'Olen durante l'inverno quando la temperatura era in città presso a poco uguale a quella dell'alta montagna

Il dati che ho raccolto riguardano il peso e la temperatura del corpo il numero delle pulsazioni e la curva sfigmografica la pressione del sangue il numero dei respiri la capacità vitale la ventilazione polmonare la quantità di O consumata e quella di CO espirato la tolleranza agli idrocarbonati il numero dei globuli rossi e la formula leucocitaria

Il dati ricavati a Torino nell'estate e nell'inverno furono paragonati con quelli ricavati al Monte Rosa a riposo al fine di ottenere degli indizi riguardo all'acclimattizzazione questi ultimi dati furono alla loro volta paragonati con quelli che risultarono dopo le escursioni al fine di ottenere indizi riguardo all'allenamento

L'allenamento è consistito in gite più o meno lunghe senza regola fissa perché le condizioni climatiche a 3000 metri non permettono una eccessiva schematizzazione senza pregiudizio della salute del soggetto in esame e quindi senza pericolo che l'esperimento venga turbato da fattori patologici I risultati dell'allenamento vennero controllati mediante una passeggiata campione della durata di ore 4.30 senza i riposi la quale consisteva nella discesa fino a 1900 m e nella risalita all'Istituto Così facendo il fattore esercizio fisico non veniva turbato da fattori climatici diversi da quelli che erano presenti durante il riposo

Qualche volta ho fatto gite molto lunghe e faticose per vedere se nel periodo di involuzione la fatica in alta montagna assumesse qualche particolare aspetto ma nelle condizioni nelle quali ho eseguito tali esperimenti non ho potuto rilevare tutti i dati richiesti e perciò di queste farò appena cenno

Ora passerò rapidamente in rivista i risultati che ho ottenuto, riassumendo i dati dei tre periodi delle ricerche non essendo finora intervenuto alcun notevole mutamento dal 60° al 64° anno compiuto di età

Peso del corpo

Il peso del corpo che come ho già detto in me è molto costante, ha variato pochissimo nel periodo di riposo al Monte Rosa

Nei primi giorni, probabilmente per l'aumento dell'appetito e per il riposo della mente crebbe di poche centinaia di grammi poi durante il periodo di allenamento anche nei giorni di riposo diminuì di $\frac{1}{2}$ kg; al massimo per incrementare poi nell'ultimo periodo del soggiorno in montagna fino a raggiungere il peso trovato a Torino

Queste piccole oscillazioni nel peso, ben lungi dal significare uno squilibrio del ricambio si spiegano col lavoro aumentato anzi, dato

l'insolito e notevole lavoro fisico, e da meravigliarsi che sia stata possibile una compensazione così rapida e perfetta delle perdite

I risultati alquanto discordanti, ottenuti da *Mosso Cohnheim* e *Reglunger Galeotti* e *Signorelli* devono a parer mio essere ritenuti come dipendenti da condizioni individuali e non da un'azione determinata dal clima d'alta montagna sul ricambio perchè nelle mie esperienze, trattandosi d'un soggetto a peso del corpo molto costante ed essendo i compensi alle perdite regolati solo dall'istinto il peso si mantenne invariato

Diminuzione forte del peso del corpo ho constatato invece dopo le escursioni come tutti i precedenti ricercatori avevano trovato anche nelle persone giovani

La perdita di peso dopo le escursioni campionesi fatte senza sosta e senza pasti fu di 1500—1700 gr anche dopo l'allenamento al 25° giorno di permanenza al Col d'Olen. Il riacquisto del peso iniziale fu rapido e quasi sempre si compì in una giornata. Dopo brevi escursioni con poca perdita di peso il giorno dopo l'escursione si notò un aumento del peso in confronto con quello precedente all'escursione. Dopo escursioni più lunghe e specialmente dopo salite su ripidi pendii erbosi in giornate calde con una profusa sudazione si ebbe una assai più forte perdita di peso persino di 3000 gr e una durata più lunga del periodo per il riacquisto del peso iniziale.

Il rapido riacquisto del peso dopo l'escursione e accompagnato da una notevole ritenzione d'acqua

Temperatura del corpo

La temperatura del corpo a riposo al Col d'Olen fu trovata dai precedenti ricercatori poco o nulla modificata. In alcuni soggetti (*Muller*) fu constatato un lieve aumento. Ad altezze maggiori la temperatura aumentò in quasi tutti i soggetti e secondo *Dunq* e *Zuntz* la regolazione del calorico diventa meno precisa.

Le mie esperienze furono fatte con la misurazione nel retto e nell'ascella al mattino prima della levata e alla sera a letto. A Torino in estate la temperatura al mattino è 36,2° (asc) 36,6° (rett) alla sera 36,6 (asc) 37,0 (rett). A Torino d'inverno la temperatura risultò di 2 decimi più alta. Al Col d'Olen nei primi giorni dopo l'arrivo la temperatura fu un poco più alta che a Torino d'estate 36,8 (asc) 37,2 (rett) ma andò diminuendo nei giorni seguenti con piccole oscillazioni così che le medie risultarono presso a poco eguali a quelle trovate al piano: quella del mattino 36,4 (asc) 36,7 (rett) quelle della sera 36,8 (asc) 37,0 (reti).

Il leggero aumento della temperatura al Col d'Olen, non può essere di certo attribuito ad un disturbo della termoregolazione dipendente da difettoso adattamento al clima montano nell'età avanzata perchè esso fu trovato anche in persone giovani e in me fu piccolissimo. Anzi dubito che esso sia comunque da attribuire all'altezza, perchè ho osservato anche a Torino, a riposo, nell'inverno, un leggero aumento della temperatura in confronto con l'estate fatto questo che può essere cagionato dalla grande eccitabilità dei miei nervi vasomotori di fronte all'azione della bassa temperatura nell'inverno vado soggetto

all'irassissia delle dita delle mani ed anche in alta montagna mi è capitato di osservare, quando faceva freddo, di avere d'un tratto le dita morte. L'eccessiva limitazione dell'eliminazione del calorico in seguito allo stimolo del freddo, potrebbe spiegare, senza il contributo dei fattori speciali del clima di alta montagna un lieve ristagno di calore.

Dopo le escursioni la temperatura misurata alla sera alcune ore dopo il ritorno all'Istituto, fu nel primo tempo dell'allenamento un poco maggiore di quella dei giorni di riposo.

In seguito specialmente se la gita era stata fatta in giornate calde sotto un forte sole e durante la marcia la sudazione era stata profusa la temperatura alla sera era un poco più bassa di quella dei giorni di riposo. Mai neppure dopo una lunghissima escursione (marcia di 16 ore al Corno Bianco) ho trovato temperatura elevata oltre il limite normale.

In complesso posso affermare che la termoregolazione non subisce anche nell'età avanzata disturbi per il soggiorno e per il lavoro in alta montagna.

Polso

Frequenza del Polso. È riconosciuto generalmente che in tutte le età la frequenza del polso cresce nell'alta montagna indipendentemente da qualsiasi altro fattore di eccitamento dell'azione del cuore. *Kronecker* ha trovato in un uomo di 70 anni che abitava a Zermatt (1600 m) un aumento di dieci pulsazioni al Breithorn (3750 m). La frequenza diminuisce con l'acclimatazione: fra il terzo ed il quarto giorno di permanenza ad alture anche superiori a 3000 m (fratelli *Jouy* e *Zuntz* alla Capanna Gnietti 3620 m *Mosso* sul Monte Rosa) la frequenza diminuisce notevolmente e può raggiungere la normale.

Nelle mie esperienze sull'acclimatazione il numero delle pulsazioni alla radiale fu tenuto a perfetto riposo al mattino in posizioni semisdraiata ad occhi chiusi e braccio adagiato su un tavolo. Il numero dei polsi a Torino nell'estate del 1921 e del 22 oscilla fra 53 et 54 nell'inverno fu di 50—51. Al Col d'Olen nel 1921 primo anno di soggiorno in alta montagna il giorno dopo l'arrivo all'Istituto la frequenza salì a 59 (6 pulsazioni di aumento) e il quinto giorno era scesa sotto la normale (46). La media di tutto il periodo di permanenza in alta montagna fu di 52. Nel 1922 a Torino la frequenza del polso era di 54 al Col d'Olen il giorno dopo l'arrivo fu di 52 e poi scese al quarto giorno fino a 45 per risalire poi fino intorno a 50. La media nel periodo di soggiorno al Col d'Olen fu di 49 (25 giorni). Quest'anno 1925 un giorno dopo l'arrivo al Col d'Olen la frequenza del polso al mattino era di 52 mentre il giorno della partenza da Torino era di 50.

È evidente pertanto che, probabilmente in relazione con la bradicardia congenita in me la silita in alta montagna non cagiona un notevole aumento delle pulsazioni e può anche essere seguita da una lieve diminuzione. Sono ben lungi dal credere che questo ultimo fatto dipenda dall'altezza e suppongo che altri fattori climatici e soprattutto la temperatura relativamente bassa, possano, in un individuo bradicardico abbassare di tanto la frequenza del polso che l'influsso dell'altezza risulti annullato e persino apparentemente invertito.

Questa ipotesi è suffragata dal fatto che durante l'inverno a Torino la frequenza del polso era minore che nell'estate e dalla circostanza che nel primo anno il giorno dopo d'arrivo al Col d'Olen nel quale trovai

aumento della frequenza dal polso la temperatura dell'ambiente era alta (15° 5 alle ore 6 del mattino) e che il giorno prima avevo compiuto d'un tratto la salita da Alagna fino all'Istituto, con molta fatica mentre nel secondo e nel terzo anno nel quale non trovai aumento della frequenza del polso avevo fatta la salita in due tappe e contati i polsi 24 ore dopo l'arrivo in una mattinata fresca.

Le mie esperienze fatte sopra un soggetto sano moderatamente bradicardico, dimostrano che anche nell'uomo a riposo la diminuzione della pressione atmosferica corrispondente ad altezze intorno ai 3000 m, non ha un effetto notevole sulla frequenza del polso e che questa, quando si verifica, probabilmente dipende da altri fattori del clima montano e da fattori individuali. Con questa conclusione si accorda il risultato ottenuto da *Loewy* sul cane nella camera pneumatica.

La frequenza del polso nel lavoro muscolare cresce in alta montagna più che al piano. Questo aumento si fa meno forte in seguito all'allenamento.

Come si comporti il polso durante e poco dopo il lavoro nelle persone di età avanzata non mi risulta che sia stato finora studiato. Le mie esperienze furono fatte confrontando il numero dei polsi al mattino prima della partenza per la gita campione e all'arrivo all'Istituto dopo la gita. In tutte le prove è risultato un aumento notevole della frequenza di 44 e 48 pulsazioni dopo le due prime gite di 41 dopo la terza e di 31 dopo la quarta. Questi dati collimano con quelli della massima parte degli autori che studiarono persone di età giovane o matura. L'aumento della frequenza cala abbastanza rapidamente nel riposo, però non scompare che alcune ore dopo l'escursione. Anche 6 ore dopo il ritorno ho verificato un aumento di 12 a 15 pulsazioni. Dopo il riposo della notte il polso è per lo più tornato normale soltanto dopo gite molto lunghe e faticose (Corno Bianco 16 ore di marcia) ho constatato anche nel giorno seguente un aumento di 15 pulsazioni.

Anche ad altezza maggiore di 3000 m. alla *Capanna Gnifetti* (3620 m) ho trovato 10 minuti dopo l'arrivo un aumento non eccessivo della frequenza (37 pulsazioni più che alla partenza) al principio dell'allenamento e uno un po' minore (33 pulsazioni in più) alla fine del soggiorno in alta montagna.

In complesso l'involuzione senile in un individuo leggermente bradicardico non esercita una notevole influenza sulle variazioni della frequenza del polso originate dal soggiorno e dal lavoro in alta montagna e l'acclimatazione e l'allenamento raggiungono effetti analoghi a quelli che furono verificati nell'età giovane e nell'età matura.

A proposito della curva del polso gli autori si accordano nell'ammettere che essa non soffre variazioni notevoli per effetto dell'altezza e che tutte le anomalie registrate devono essere attribuite in parte all'azione del freddo, del vento, della luce in parte alla stanchezza. Alcuni osservatori (Galeotti e collab.) hanno rilevato che lo sfigmogramma della stanchezza ed altre modificazioni della curva del polso (celerità, abbassamento dell'elevazione diastolica o sua scomparsa) perdurano a lungo anche dopo il riposo della notte. Le mie osservazioni collimano con quelle dei precedenti ricercatori.

Le curve vennero scritte con uno sfigmografo a contropressione pneumatica con cuscinetto elastico applicato nel cavo popliteo. Lo sfigmogramma a Torino d'estate risultò alquanto diverso che d'inverno. Nella stagione calda l'elevazione primaria era meno alta e meno ripida che in quella fredda ed anche la catacrota era più lenta, il polso era dunque meno grande e meno celere.

A Col d'Olen il polso divenne nei primi giorni più grande e l'elevazione diastolica si spostò alquanto verso l'alto: questi segni di una più energica azione del cuore e dei vasomotori durarono per tutto il primo periodo di soggiorno nel quale essendo il tempo sereno stavo molto all'aperto e passeggiavo moderatamente poi quando il tempo si guastò e dovetti stare chiuso nell'Istituto lo sfigmogramma ritornò identico a quello di Torino.

Questa osservazione dimostra che anche nell'età avanzata il soggiorno in alta montagna cagiona un moderato eccitamento della funzione del cuore e dei vasi ma che questa benefica azione non dipende dall'altezza ma da altri fattori climatici e dal lavoro.

Gli sfigmogrammi, scritti dopo le escursioni campionesi, hanno dimostrato senza eccezione una curva di affaticamento caratterizzata specialmente dallo spostamento in basso dell'elevazione diastolica fino all'ascissa e qualche volta anche sulla linea anacrotica dell'onda seguente. Oltre a ciò ho trovato qualche intermittenza. Questi fenomeni di affaticamento del cuore dopo l'escursione risultarono meno spiccati alla fine del soggiorno in montagna dopo l'allenamento.

Le alterazioni più forti dello sfigmogramma furono osservate dopo gite faticose in giornate calde.

Il ritorno alla curva normale avvenne presto dopo poche ore di riposo. Anche dopo una gita lunghissima (16,30 h) e faticosissima aggravata dalla nebbia e dalla neve e dal sopraggiungere della notte la curva del polso dopo 12 ore di riposo era ritornata perfettamente normale.

Dall'insieme di questi fatti ho concluso che lo sfigmogramma durante il soggiorno in alta montagna, a riposo, non rivela nelle persone di età avanzata alcun fenomeno di disturbo della circolazione, che gli eccitamenti della vita lieta in clima alpestre recano un rinforzamento della funzione del cuore e dei vasi e che i fenomeni della stanchezza del cuore e dei vasi dopo una faticosa salita non oltrepassano i limiti osservati anche nei giovani, diminuiscono con l'allenamento durano poco tempo e scompaiono senza lasciare traccia.

Pressione nelle arterie

I risultati dei diversi ricercatori riguardo alle variazioni della pressione del sangue in alta montagna sono assolutamente discordanti. Condurrebbe a una troppo lunga esposizione il riferirli e non se ne trarrebbe alcuna conclusione sicura.

Evidentemente la disposizione individuale ha un'influenza grandissima e ad onta dell'autorità dei diversi ricercatori bisogna convenire che di questo fattore non è stato tenuto bastantemente conto. Non di meno le esperienze fatte nell'ultimo decennio hanno persuaso che ad onta di grandi variazioni da un individuo all'altro il soggiorno in alta montagna e specialmente gli esercizi alpinistici cagionano anche nei seni un aumento della pressione del sangue. Secondo i risultati di A. Löwy l'aumento della pressione sarebbe più evidente nelle persone di età avanzata.

Le mie esperienze furono eseguite con l'oscillometro di Pachon quest'anno le ho controllate anche coll'apparecchio di Riva-Rocci. La pressione

misurata coll'oscillometro a Torino d'estate ha dato in media i seguenti risultati. Pr mass 150 Pr min fra 80 e 100 d'inverno la massima fu alquanto piu alta la minima piu bassa. Coll'istrumento di *Riva Rocci* oscillo fra 130 e 135

Al Col d'Olen la pressione massima nel giorno seguente alla salita non supero quella del piano, ma ando crescendo nei giorni successivi, supero una volta 200 e in media fu di 175, la pressione minima diminui nei primi giorni poi crebbe alquanto, ma meno della massima

Col *Riva Rocci* quest'anno ho trovato al Col d'Olen il giorno dopo l'arrivo, 135

In complesso e risultato un moderato aumento della pressione del sangue durante il riposo ma questo aumento non fu subitaneo, ma graduale, e perciò mi sembra poco probabile che esso debba essere attribuito direttamente alla diminuzione della pressione barometrica

Ad onta dell'età avanzata il soggiorno in alta montagna non ha cagionato nel mio organismo quelle variazioni di pressione che furono segnalate da *Luscher* sul Jungfrauoch

Dopo le escursioni (15—30 minuti dopo l'arrivo) le pressioni massima e ancor piu quella minima furono trovate piu basse che prima dell'escursione. In generale la diminuzione e risultata piu forte dopo le escursioni piu faticose quelle nelle quali lo sfiammamento denotava affaticamento del cuore e rilasciamento del tono vasale. In poche ore di riposo la pressione ritornava al livello normale e talora saliva alquanto oltre al limite di questa

Le mie esperienze sulle variazioni della pressione arteriosa in alta montagna mi confermano l'opinione che vi sono grandi differenze individuali e che anche nell'età avanzata si possono avere modificazioni assai piccole le quali possono essere spiegate con un moderato eccitamento dell'azione del cuore e con un lieve aumento del tono dei vasi senza ricorrere all'ipotesi di una reazione all'impoverimento di O nel sangue. Ciò ripeto vale almeno per alcuni individui, anche nell'età avanzata. L'abbassamento della pressione poco dopo le escursioni dipende da stanchezza del cuore e dei vasi

Respirazione

Numero dei respiri. Da un grande numero di esperienze su persone di diverse età e specialmente da quelle di *A. e I. Loewy* e *Tuntz* e di *Mosso* e risultato che la frequenza dei respiri in alta montagna in molte persone cresce in alcune non varia e in altre diminuisce leggermente oltre a ciò e stato constatato che l'età non influisce sulla frequenza del respiro ne aumentandola ne diminuendola

A Torino d'estate la frequenza della mia respirazione oscilla fra 10 e 13. Al Col d'Olen a riposo essa e leggermente aumentata con variazioni giornaliere in media l'aumento e di 2—3 respiri. Durante il soggiorno al Col d'Olen nel primo anno le oscillazioni furono piu sensibili probabilmente in relazione delle forti variazioni della temperatura della pressione barometrica della intensità della luce e in conseguenza della vita inusuale che si era costretti a fare nell'Istituto. Nel secondo anno nel quale il tempo fu bello e costante il lieve aumento della frequenza respiratoria ebbe la tendenza a diminuire ma anche alla fine del soggiorno non scomparve del tutto

Al ritorno dalle escursioni (dopo 5 minuti di riposo) la frequenza risultò aumentata soltanto di 2—3 respiri

Ventilazione polmonare Le opinioni degli autori che hanno pubblicato i risultati delle ricerche fatte su numerosi gruppi di persone di età di costituzione e di abitudini diverse sono molto discordanti. È probabile che in parte queste discordanze nei risultati dipendano dal modo come respirano i diversi individui durante l'esperimento. È difficile abituarsi a respirare del tutto naturalmente quando più o meno si concentra l'attenzione sui propri movimenti respiratori e d'altro canto ogni distrazione voluta può modificare la meccanica del respiro. Perciò si non erro riguardo alla ventilazione polmonare bisognerebbe tener conto soltanto dei dati relativamente costanti e delle differenze spiccate. Inoltre bisogna ammettere che esistono notevoli variazioni individuali e giornaliere.

Le più recenti opinioni ribadiscono quelle di *Loewy* e *Zuntz* che la ventilazione polmonare cresce con l'altezza e che con l'acclimatazione scema la differenza dai valori del piano. Riguardo all'influenza della età non furono fatte apposite ricerche.

Le misure della ventilazione polmonare che ho eseguite nel 1921 collimano con quelle antiche raccolte da *Loewy* e *Zuntz* nel senso che esse significano un aumento della ventilazione polmonare al Col d'Olen anche durante il riposo, ma si allontanano in alcuni importanti particolari in primo luogo perché subito dopo l'arrivo al Col d'Olen non si ebbe aumento ma diminuzione della ventilazione in secondo luogo perché l'aumento osservato in seguito invece di scemare man mano che proseguiva l'acclimatazione crebbe gradualmente.

Perciò credo che sul mio organismo la rarefazione dell'aria corrispondente all'altezza di 2900 m. non abbia cagionato un subitaneo eccitamento della respirazione ma che tutti i fattori dell'alta montagna abbiano via via contribuito ad eccitare moderatamente la respirazione. Nel 1922 ho ottenuto risultati alquanto diversi perché la ventilazione polmonare a Torino risultò maggiore che nel 1921 e al Col d'Olen essa, invece di crescere in proporzione eguale all'anno precedente diminuì un poco e con oscillazioni giornaliere, si mantenne pressoché allo stesso livello. Nel 1925 a Torino, d'estate la ventilazione polmonare risultò in media di 6 litri al minuto. Nei primi sei giorni il Col d'Olen diminuì sensibilmente (circa 1 litro) e nei seguenti crebbe avvicinandosi ai valori del piano.

Da queste esperienze risulterebbe che la ventilazione polmonare nell'età avanzata non risente, come nei giovani, l'azione dell'altezza, ciò che probabilmente sta in rapporto con una diminuzione dell'eccitabilità del centro respiratorio.

Dopo le escursioni a breve distanza dall'arrivo (5 min.) ho trovato sempre un notevole aumento della ventilazione tanto maggiore quanto più lunga e faticosa era stata la gita (una volta raggiunse il 40%). L'aumento durava più che mezz'ora e una volta fu trovato anche 6 ore dopo l'escursione.

Quest'aumento è da attribuirsi senza dubbio all'eccitazione del respiro cagionata da sostanze prodotte ed accumulate nel sangue durante il lavoro. L'allenamento ha diminuito l'effetto di quell'eccitamento: dopo le prime escursioni campione l'aumento fu di oltre 1/ dopo le ultime di circa 1/10.

Dal complesso delle mie osservazioni credo di poter concludere che nell'età avanzata il soggiorno in alta montagna può eccitare la

respirazione o moderarla, a seconda che essa era prima da fattori di versi diminuita od eccessivamente stimolata, che l'aumento della ventilazione polmonare si avvera anche nei vecchi in seguito ad esercizi fisici e con l'allenamento via via tende a scemare

La *capacità vitale* diminuisce in tutti gli individui nell'alta montagna. Questo fatto stabilito fin dal 1895 da *Schumburg* e *Zuntz* fu riconfermato dalla massima parte dei ricercatori che seguirono: esso si verifica anche nel più completo riposo. Secondo *A. Læwy* e *Zuntz* il fenomeno è transitorio. *Mosso* a grandi altezze (4560 m) lo trovò persistente. Secondo *Fuchs* la bassa temperatura avrebbe un'azione notevole nel diminuire la capacità vitale. Secondo *Viale* che sperimentò su due giovani l'uno di 23 e l'altro di 25 anni la capacità vitale diminuisce ma non in modo costante e la diminuzione scompare con l'acclimatazione.

Nelle mie esperienze ho trovato tanto nel 21 che nel 22 et nel 25 una notevole diminuzione della capacità vitale che raggiunse il 20%. Questa diminuzione fu immediata dopo l'arrivo al Col d'Olen ma non ebbe durante tutto il soggiorno che delle variazioni giornaliere poco significanti e non manifestò la tendenza a svanire.

Perciò ritengo che in rapporto con l'età venga a mancare la possibilità di adattamento del torace ad una espansione maggiore della massima trovata al piano. Questo fatto probabilmente sta in rapporto con la diminuzione dell'elasticità della gabbia toracica nell'età avanzata.

È comunemente ammesso che sulla diminuzione della capacità vitale influiscono, oltre che la rarefazione dell'aria e gli altri fattori del clima montano e soprattutto la bassa temperatura, la stanchezza (*Schumburg* e *Zuntz*). Sulla mia persona non ho potuto confermare questo dato, nel senso che una diminuzione della capacità vitale di qualche entità non fu constatata dopo le escursioni sebbene il polso manifestasse segni di stanchezza.

Ricambio dei gas

Lo studio del processo di combustione organica in alta montagna a riposo ha dato risultati molto diversi nelle varie persone esaminate a diverse altezze ed anche nelle medesime persone alle stesse altezze in epoche differenti. Nessun argomento della fisiologia dell'alta montagna è stato più tormentato di quello delle combustioni organiche ma esso è così complicato che non si può portare a suo riguardo delle conclusioni definitive. Certo è che in generale non vi sono almeno nelle altezze fino a 3000 m differenze notevoli dal piano. Questo fatto è presso a poco corrispondente a quello che nei loro lavori fondamentali *Loewy* e *Zuntz* avevano trovato più che 20 anni or sono. Un confronto dei processi di combustione organica degli individui giovani e di quelli dell'età avanzata non esiste per quanto io so.

Le mie ricerche, fatte nel 1921, hanno dato dei risultati alquanto diversi da quelli del 1922. Nel primo anno il giorno dopo la faticosissima giornata di viaggio per giungere al Col d'Olen, senz'alcuna preparazione di allenamento né di acclimatazione, trovai una notevole diminuzione dei processi di combustione. l'O₂ consumato ridotto da cm³ 298, trovati al piano a cm³ 199 il CO da 211 cm³ a 139 cm³. In seguito si notò un aumento dell'eliminazione di CO e del consumo di O₂ il quale, con qualche oscillazione andò gradualmente crescendo.

Nell'anno seguente invece, il giorno dopo l'arrivo al Col d'Olen, essendo stato compiuto il viaggio con maggiore comodità, i valori del CO₂ e dell'O₂ variarono di poco da quelli trovati a Torino ed anche in seguito ad onta di lievi oscillazioni, durante tutto il soggiorno al Col d'Olen si ebbero spostamenti poco notevoli i quali consistettero principalmente in aumento del consumo di O₂.

In quest'anno due giorni dopo l'arrivo al Col d'Olen ho trovato un sensibile aumento tanto del CO₂ quanto del O₂ consumato e specialmente di quest'ultimo però il quoziente respiratorio non scese sotto il limite per me normale. In seguito i valori del CO₂ e del O₂ si mantennero alquanto più alti che a Torino. Dopo le escursioni l'eliminazione di CO₂ e il consumo di O₂ aumentarono. Quest'aumento andò attenuandosi dopo le ultime gite ed il decremento fu maggiore per l'eliminazione del CO₂ che per il consumo di O₂. Il quoziente respiratorio risultò sempre diminuito.

Il consumo energetico ha dimostrato un piccolo aumento dopo le escursioni, aumento che è stato maggiore dopo le prime che dopo le ultime. In altre parole si può dire che il rendimento del lavoro fu leggermente aumentato coll'allenamento.

Sangue

Ad onta dei differenti risultati ottenuti dai singoli osservatori che cercano di stabilire il numero dei *globuli rossi* del sangue in alta montagna e attualmente riconosciuto che quel numero aumenta. Il grado dell'aumento non è fisso e talora sembra esser molto piccolo mentre altre volte può raggiungere nel corso del tempo il valore anche del 151% (*Laquer* al Col d'Olen).

Le ricerche che ho eseguito su me stesso, negli anni 1921 e nel 1922 confermano le regole trovate per le persone giovani e mature. L'aumento di numero dei globuli fu di 12—14 %.

Il valori più alti si presentarono nei periodi più avanzati del soggiorno al Col d'Olen. Nel 1925 mentre a Torino il numero dei globuli era presso a poco eguale a quello trovato negli anni antecedenti al Col d'Olen esso non solo non c'ebbe nei primi giorni ma diminuì (da 4.800.000 a 4.118.000) e crebbe poi fino a raggiungere dopo la prima settimana di soggiorno il valore del piano (4.850.000). Avendo dovuto allontanarmi del Col d'Olen alla metà della seconda settimana non potei completare la ricerca per i periodi più avanzati dell'acclimatazione. È da notare la diminuzione all'inizio del soggiorno in alta montagna che non avevo verificato negli anni antecedenti e che forse in me sta in relazione con l'età ma non ci si può fondare sulle ricerche di un solo anno per affermare questo rapporto. Ricorderò per tanto che i fratelli *Læwy* e *L. Zuntz* al Col d'Olen avevano trovato nella prima settimana una diminuzione dei globuli rossi e che essi nelle epoche di quelle ricerche erano ancora assai giovani.

Il numero dei globuli bianchi non ha subito variazioni notevoli da Torino al Col d'Olen e la formula leucocitaria si mantenne perfettamente normale.

Assimilazione del glucosio

Le esperienze che *Aggazotti* ha eseguito su alcuni soggetti giovani e su di me a Torino ed al Col d'Olen hanno dimostrato che in tutti gli individui sottoposti all'esperimento la tolleranza del glucosio

cresce in alta montagna. In me, all'età di 60 anni, il fenomeno si manifesta ancor più palesemente che negli altri soggetti. Mentre a Torino 150 g di glucosio puro anidro, introdotto alla prima colazione e giorno glicosuria dalla seconda alla quarta ora dopo l'ingestione, una dose di 200 g di glucosio, ingerita al Col d'Olen non produsse glicosuria.

Al Col d'Olen il ricambio respiratorio ed il quoziente rimasero pressoché invariati in seguito all'ingestione di grandi quantità di glucosio, al piano si verificò aumento del CO eliminato dell'O consumato e del quoziente respiratorio.

Nella presente relazione ho trattato soltanto l'adattamento ad altezze intorno ai 3000 m e l'allattamento ad esercizi alpinistici modesti, non ho toccato le questioni dell'adattamento alle alture che in molti individui cagionano le speciali alterazioni comprese sotto il nome di male di montagna. Ne ho cercato come si comporti un vecchio quando ardisca cimentarsi al grande alpinismo. Il quesito che mi era proposto era pratico e naturale: e la vecchiaia di per sé controindica il soggiorno temporaneo e l'esercizio fisico in alta montagna? deve il medico ammettere o respingere i preziosi fattori di ricostituzione del corpo e dello spirito che offre l'alta montagna per le persone di età avanzata? Credo di poter rispondere che tali vantaggi devono esser concessi anche ai vecchi purché siano sani. Mi si obietti che senectus ipsa est morbus e che vecchio sano è contraddizione in termini. Risponderò che quel detto vale più per l'anatomopatologo che per il medico e per il fisiologo. L'invecchiamento è un processo fisiologico purissimo perché quando non sia turbato da malattie varie e proprie ha un andamento perfettamente armonico senza conflitti fra istinti, desideri e potenzialità. L'uomo sano di corpo e di spirito quando invecchia, prima si svoglia e poi perde la capacità di alcune minute funzioni e perciò va ritirandosi serenamente dalla vita senza rimpianti. Così stando le cose mi sembra che la questione che mi era proposto di studiare deva esser contenuta nei termini seguenti: il vecchio sano desidera l'alta montagna e l'esercizio di un moderato alpinismo, tirano danno da queste sue voglie o potrà averne qualche vantaggio? A questa domanda ho cercato di rispondere con esperimenti fatti su me stesso e credo di avere dimostrato che l'involuzione senile non proibisce la cura ricostituente in alta montagna. Mi pare che questo basti al medico perché non capiterà mai che un individuo normalmente invecchiato, quando non abbia più le forze per affrontare il clima e la vita dell'alta montagna, desideri quel soggiorno essendo in tali individui l'istinto il più vigile e sicuro menore della vita.

Immunität gegenüber dem Hohenklima

Von Dr. med. et phil. *Hermann von Schroetter* Wien

Mit vier Abbildungen im Texte

—

Was das Thema meines Referates anbelangt, so bin ich vor eine keineswegs leichte Aufgabe gestellt worden. Betrifft dasselbe doch, wenn wir den Begriff *Immunität* auch für das Gebiet klimatischer Einflüsse zunächst ohne Vorbehalt gelten lassen, die Erfassung und Klärstellung nicht einer einfachen Wechselbeziehung sondern eines vielseitigen Komplexes von Reaktionen, die im Organismus ausgelöst werden, um ihn gegen Schädigungen zu schützen oder deren Wirkungen nach Möglichkeit auszugleichen. Kann die Noxe, je nach dem Charakter, der Intensität und Dauer derselben nicht durch Abwehrmaßnahmen beseitigt oder überwunden werden, so treten *Anpassungsvorgänge* ein, durch deren Valenz wie in der gesamten Pathologie so auch hier die funktionelle Korrelation, die weitere Leistungsfähigkeit des bedrohten Organismus bestimmt und dieserart, klinisch gesprochen die *Prognose* determiniert wird, die ja immer wieder die wichtigste Frage der praktischen Medizin darstellt.

Wenn wir den Begriff Immunität auch in *bioklimatologischer* Richtung akzeptieren — eine Auffassung die, wie sich zeigen wird, auch im Hinblick auf das Wesen der Anpassungsvorgänge berechtigt ist — so müssen wir uns zunächst darüber klar sein, gegen welche *Störung* sich der Organismus zu wehren hat, bezüglich welcher Kausalmomente die Fragen der Unempfindlichkeit zu erörtern sind. Ich brauche hierzu nicht auf alle Theorien der Hohenkrankheit zurückzukommen, da die von *P. Bert* entwickelten und zusammenfassend vor nahezu fünfzig Jahren dargelegten Anschauungen siegreich das Feld behauptet und sich nicht bloß in ihren allgemeinen Grundsätzen, sondern auch in ihren Einzelheiten und praktischen Konsequenzen als richtig und segensreich erwiesen haben.

Die Bedenken, welche gegen die Gültigkeit der Sauerstofftheorie erhoben wurden, konnten wir selbst bereits im Jahre 1901 auch für große Höhen bezw. Druckdifferenzen einwandfrei widerlegen. Ausgedehnte vielseitige Forschung im Hochgebirge und nicht zuletzt die Erfahrungen der Praxis selbst (Aeronautik, Aviatik) haben den Sauerstoffmangel als den ursächlichen Faktor der mannigfachen

Symptomenbilder erwiesen, und das bestätigt, was schon der Laie an sich selbst als „Luftmangel“ bzw. „Lufthunger“ empfindet. Immer mehr wird anerkannt, daß die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphäre auch bereits unterhalb von 2000 m dem sozusagen klassischen Niveau von *D Jourdanet* in den Ablauf der vitalen Funktionen eingreift und Reaktionserscheinungen bewirkt, deren Kompensation mit einer Hebung der Stoffwechselvorgänge, einem positiven Gewinn für den Organismus einhergehen, oder auch bereits von einer verminderten Leistungsfähigkeit des menschlichen Motors gefolgt sein kann. Anstrengende Muskelarbeit beginnt schon in Hohen über 2000 m die Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel merklich zu steigern, wie wir dies seinerzeit mit Bezug auf die Pathogenese der Bergkrankheit vertreten hatten.

Schienen bis zum Vorjahre alle Einwände gegen die Sauerstofftheorie widerlegt und die Bedeutung rein physikalischer Momente auf das richtige Maß eingeschränkt, so hat neuerdings *C Jalobj* und zwar auf Grund breiter Experimentaluntersuchungen die Behauptung aufgestellt, daß an den Wirkungen des Hohenklimas auch mechanische Einflüsse beteiligt sind, die im Wege einer Herabsetzung des intrapleuralen Druckes und verminderter Füllung der Pulmonalvenen zu einer Retention von Blut in der Lunge und dieser Art zu einer Verminderung der Vitalkapazität (bei einer Druckabnahme von 20 % um zirka 300 cm³) führen. Ich verzichte hier auf eine Widerlegung seiner Anschauungen, da dies schon durch *A Icau* geschehen ist.

Sozusagen in letzter Stunde ist zu der Frage nach der uneingeschränkten Gültigkeit der Sauerstofftheorie der Haltbarkeit unseres Fundamentes, aber noch eine Untersuchung, und zwar aus Frankreich von *R Bayeux* erschienen, der auf Grund histologischer Untersuchungen der Lungen von Tieren, welche längere Zeit in verdünnter Luft zugebracht hatten, Verbreiterung der Inter-alveolarsepta mit Reduktion der Alveolarräume festgestellt hat, welche Veränderungen er mit der Verminderung des absoluten Druckes bzw. einer Art Saugwirkung auf die Lungen in Beziehung bringt. Ich bemerke diesbezüglich nur kurz, daß wenn die Befunde des genannten Autors in der Tat zutreffen, es sich nicht um eine primäre Wirkung auf die Lunge, sondern um Stauungserscheinungen im Gebiete der pulmonalen Zirkulation infolge von Nachlassen der Herzkraft, um mangelhafte Regulierung der dynamischen Blutverteilung zwischen großem und kleinem Kreislauf handelt. — Ich mußte diese beiden Arbeiten wenigstens streifen, da es ja beim Zurechtbestehen mechanisch bewirkter Veränderungen im Hohenklima eine Immunität gegen solche Einflüsse nicht geben konnte, bzw. diese für die aus Sauerstoffmangel resultierenden Schäden berechtigter Begriffsbestimmung a priori eine wesentliche Einschränkung erfahren mußte.

Es versteht sich, daß sich unsere Darlegungen nicht mit den Erscheinungen bei rascher und vorübergehender Luftverdünnung wie

im Korbe des Ballons, im Aeroplane, somit nicht mit der akuten Anoxyhanie sondern nur mit dem *chronischen Sauerstoffmangel* zu beschäftigen haben, gegen welchen eine Immunität (Unempfindlichkeit, Toleranz Gewohnung) im Wege von Anpassungsvorgängen erworben bzw. eine Akklimation erreicht werden kann. Ebenso wird die Immunität stets in Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit des tätigen Menschen zu behandeln, dementsprechend graduell abzugrenzen und nicht etwa bloß für die Bedingungen bei Körperruhe also gewissermaßen einen konstruierten Zustand zu erörtern sein. Man wird von einer raschen oder langsamen Anpassung, einer vorübergehenden oder dauernden Immunität und mit Rücksicht auf die Differenzen des Höhenniveaus von einer engern oder breiteren Anpassung sprechen können. Ferner kann die Immunität gegen das Höhenklima eine angeborene oder erworbene sein, wobei konstitutionelle, individuelle wie auch rassiale Momente interferieren. Es empfiehlt sich jedoch von einer scharfren Trennung dieser Begriffe abzusehen, da die hierfür maßgebenden Vorgänge in vielfachen Wechselbeziehungen stehen und eine Veränderung des Druckniveaus die Toleranz gegen Sauerstoffmangel verschieben muß.

Weiterhin hätten wir uns über den Begriff *Akklimation* zu einigen, da dieser nicht von allen Gelehrten in demselben Sinne gebraucht wird.

Wir mochten von Akklimation dann sprechen, wenn der Organismus die Fähigkeit erlangt hat, in solchen Höhen nicht nur leben sondern auch anstrengende Arbeitsleistung vollbringen zu können, in denen nach raschem Uebergange pathologische Symptome oder Beschwerden auftreten, welche die Möglichkeit körperlicher Betätigung ausschließen. Diese Definition beschränkt sich somit auf die Tatsache der Anpassung, sie nimmt nicht Rücksicht auf die Ursachen derselben, wie dies anscheinend bei der Begriffsbestimmung seitens anderer Forscher versucht wurde, indem sie die Akklimation nach der Größe jener Abweichungen beurteilen wollten, welche die Messung der einzelnen vitalen Funktionen nachweisen läßt. Das *Wesen* der *Akklimation* ist vielmehr dadurch ausgedrückt, daß der Organismus die Verminderung des Sauerstoffdruckes derart kompensieren kann, daß seine Leistungsfähigkeit nicht oder nur in geringem Grade beeinträchtigt ist. Man wird von vollkommener oder unvollkommener Akklimation reden können, je nach dem eine der Norm entsprechende oder bloß teilweise Arbeitsfähigkeit in der Hochregion erzielt worden ist.

Was das Verhalten des Organismus *nach* erfolgter Anpassung anbelangt, so wird man — ebenso wie bei pathologischen Zuständen anderer Art — von vorneherein nicht erwarten können, daß die Einstellung auf die Neuansforderungen stets soweit geht, daß sich die einzelnen Funktionen in derselben Größenordnung bewegen, der Energieverbrauch der gleiche bleibt wie unter normalem Luftdruck. Man wird im besondern auch nicht annehmen dürfen, daß die Anpassung etwa nur in der Verschiebung einiger Komponenten besteht. Der Organismus sucht sich vielmehr den ungünstigen Außenbedingungen durch verschiedene Regulationsvorgänge anzupassen, wobei die Abweichungen entweder nur geringfügige sein im wesentlichen

bloß labile Funktionen, wie die Ventilationsgröße die Zirkulationsgeschwindigkeit, die Blutbildung betreffen können, oder es werden tiefergreifende Unterschiede wie bezüglich der Neutralitätsreaktion, des Säure-Basengleichgewichtes von Blut und Körperflüssigkeiten, der Verbrennungsprozesse und der Verdauungsprozesse hervortreten. Nichtsdestoweniger wird man auch im letztgenannten Falle von erfolgter Akklimatisation sprechen können wenn der Organismus den Mehranforderungen gewachsen bleibt und körperliche Arbeit ohne erhebliche Einbuße und bei relativem Wohlbefinden zu leisten vermag so daß selbst noch Höhen von 6—7000 m erstiegen werden können. Die Anpassung in diese Region wird allerdings nur sehr langsam (s. S. 362) erworben.

Von Interesse erscheinen namentlich die Vorgänge im Niveau von 2000 m einerseits von 8000 m andererseits also gewissermaßen im Bereiche der *untern* und *obern* Grenze der Luftverdünnung die hier näher berührt werden sollen. — Die bestehende Figur 1 gibt ein anschauliches Bild der für den Menschen in Betracht kommenden Anpassungsbreite. Das Original ist Eigentum des Deutschen Hygiene Museums in Dresden“ und wurde mir freundlichst zur Reproduktion überlassen.

Wie bei jeder Störung wird — bildlich gesprochen — zunächst auch hier an die oberste Instanz das Zentralnervensystem Meldung erstattet das auf den örtlichen Reiz des Sauerstoffmangels (*II Winterstein R. Gesell A. Fleisch*) durch seine einzelnen Ressortstellen (Atemzentrum Vaso-motorenzentrum vegetative Zentren) sofort preventive Maßnahmen einleiten läßt während bereits von einzelnen besonders betroffenen Stellen der Peripherie wie namentlich seitens des Knochenmarkes (*H. Viault*) Schutzvorkehrungen in Gang gebracht werden.

Wenn diese Vorgänge nun auch zweifellos simultan eingeleitet werden und sich in *steter Wechselbeziehung* entwickeln so erscheint es im Hinblick auf die jeweilige individuelle Einstellung die psychische und somatische Reaktionsbereitschaft Ruhe oder Arbeit verständlich daß einzelne Komponenten des Schutzsystems früher hervortreten daß sich deren Wirkung rascher entfaltet als andere so daß sich zunächst noch Störungen verschiedenen Charakters geltend machen bis im Wege gegenseitiger Abstimmung der Regulationsmittel aus dem noch unvollkommenen provisorischen Schutze unter Abklingen der Disharmonien eine den neuen Umweltbedingungen entsprechende optimale Anpassung erreicht wird. Abgesehen von den genannten im Organismus selbst gelegenen Momenten kann die Synergie der Regulationsvorgänge durch die Besonderheit der äußeren Einflüsse Wetterlage (Temperatur Feuchtigkeit Wind Strahlung) beeinflußt bzw. gestört und dieserrart die Erreichung der Immunität verzögert werden. Störungen und deren zufolge Beschwerden (Berg und Höhenkrankheit) werden hierbei umso eher erfolgen und umso eingreifender sein je höher das in Frage kommende Anpassungsniveau und je kürzer die Zeit ist die für die Akklimatisation zu Gebote steht. So können auch einzelne Reaktionen (Symptome Befunde) bereits in einer tiefen Druckstufe in sinnfalliger Weise auftreten die in einer höheren fehlen oder es kann deren Intensität mit Rücksicht auf den äußeren Sauerstoffdruck eine verschiedene sein. Immerhin läßt sich aber bei ungestörtem Verlaufe in der Ausbildung der Reparations- und Abwehrvorgänge eine bestimmte Gesetzmäßigkeit feststellen sodaß mit zunehmender Höhe im besonderen jene Veränderungen stärker zum Ausdruck kommen welche bei wachsendem Sauerstoffmangel von den Geweben selbst angeregt werden und die von den schon beim ersten Appell in den Dienst der Anpassung ge-

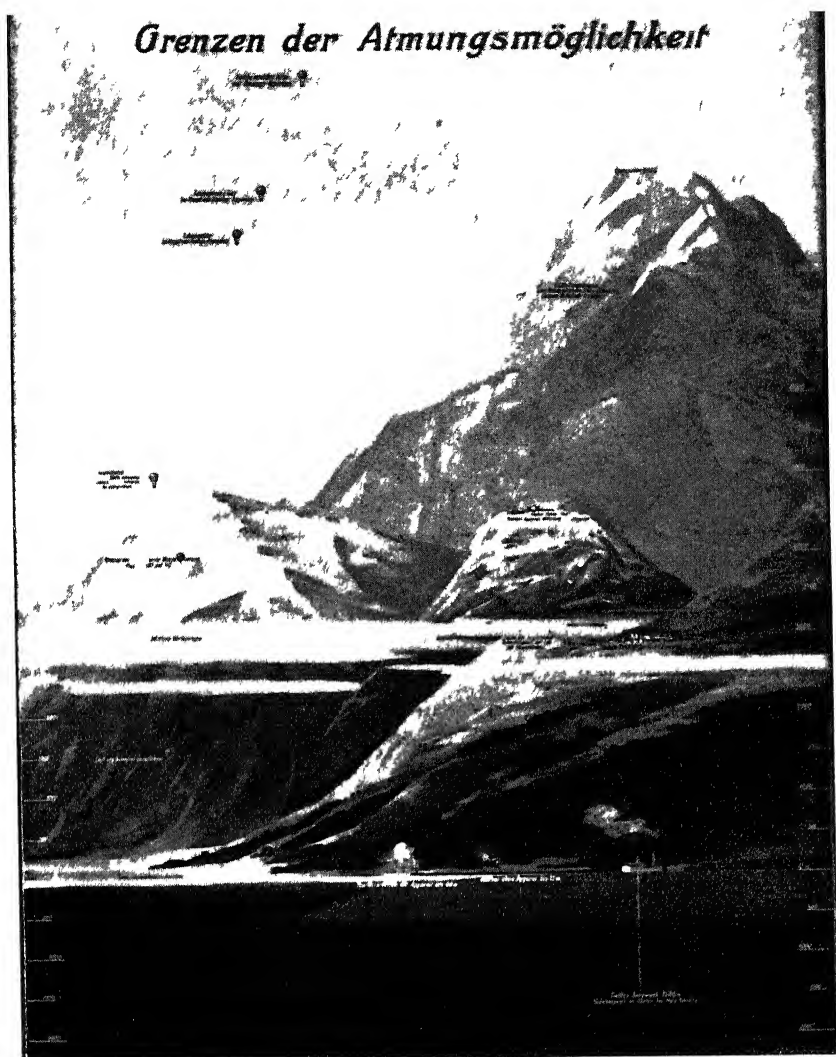


Fig 1

stellten Regulationsmitteln nicht mehr ohne Ueberspannung dieser getragen werden können. Biologische Vorgänge größerer Leistungsbreite entlasten solche von besonderer Valenz wie jene der zentralen Steuerung von Respiration und Haemodynamik oder ergänzen jene Funktionen deren Adaptationsvermögen begrenzter ist.

Zunächst dreht sich alles um eine entsprechende Forderung des Sauerstoffimportes in den Organismus und in seine bewegliche Vorratskammer transportable storage das Blut sowie um die durch Wasseraufnahme bewirkte Anpassung der Haemodynamik und Herzarbeit an die durch die Hyperglobulie vermehrten (inneren) Reibungswiderstände. Weiterhin wird mit abnehmendem Atmospharendrucke die Frage der Gewinnung von Sauerstoff für die Gewebe durch Abspaltung vom Oxyhaemoglobine immer dringender die zur Herstellung der bezuglichen Wasserstoffionen Konzentration des Blutes notwendige Assistenz differenter Regulationsmechanismen immer bedeutungsvoller bis endlich das lebende Protoplasma der Zellen selbst durch Sparmaßnahmen in den Immunisierungsvorgang eingreift um den Bestand des Organismus und eine maximale Leistungsfähigkeit desselben zu ermöglichen.

Es wurde hier viel zu weit führen Ihnen diese *Phenomenes de passage*“ zu beschreiben, die sich als Folgen von relativem Sauerstoffmangel, wenn auch in verschiedenem, mit steigender Höhe zunehmendem Grade beim Wechsel jeder Hohenstufe wiederholen müssen.

Diese Störungen werden nun durch die angedeuteten Regulationsvorgänge beim gesunden bzw. nicht schon konstitutionell minderwertigen Menschen selbst bis zu einem hohen Lebensalter hinauf nicht nur voll ausgeglichen es erfolgt sogar gewissermaßen eine Ueberkompensation, indem die durch Sauerstoffmangel bedingten Reize von andern klimatischen Inzitanten wie im besondern Kalte und Licht bzw. Warmestrahlung mittel- oder unmittelbar unterstützt auf Grund der dem Organismus zur Verfügung stehenden Reserven zu einer Steigerung der vitalen Funktionen mit Vergrößerung der Lungenkapazität, erhöhter Mauserung des Blutes und der Gewebe nachweisbarem Gewinne für den Organismus, Eiweißansatz und solchen Leistungssteigerungen der zellularen Texturen bzw. des „echten Protoplasmas“ (O. Kestner) führen, daß im Hohenniveau von 1500 bis 2000 m sogar krankhafte Prozesse kurativ beeinflußt und zur Ausheilung gebracht werden, daß sogar die Ausschaltung einer Lunge bei mäßiger Betätigung ohne Beschwerden vertragen wird, daß es wenn man einen eben gebrauchten Ausdruck zitieren will, sogar „Pneumoflegen“ und „Pneumotouristen“ gibt.

Diese günstigen Wirkungen des alpinen Reizklimas gelten nun auch mit individuellen Varianten für jene chronische Infektionskrankheit von allgemein sozialhygienischer Bedeutung, die *Tuberkulose* deren Behandlung gerade in den so vollendet eingerichteten Hohenstationen Davos und Arosa besondere Pflege findet. Gestatten Sie mir daher auch in dieser Richtung einige Worte, da sie wesentliche Punkte unserer klimatischen Immunitätsprozesse berühren.

Die durch die klimatischen Reize ausgelosten Reaktionen und die dann im endogenen Wege (also auch „serologisch“) erzielbare Umstimmung und Leistungssteigerung des Gesamtorganismus stellt von

einer zweckmäßigen Ernährung unterstützt und mit mäßiger muskularer Betätigung kombiniert, noch immer die erfolgreichste *Therapie* der Tuberkulose dar, die der Wirkung des Importes jedweder Antigene überlegen ist, was gegenüber einer heute vielfach herrschenden Polypragmatische auch auf dem Gebiete dieser Infektionskrankheit nicht genug betont werden kann. Durch die Verwendung von Antigenen, seien sie nun spezifischer oder unspezifischer Natur, können bei der so differenten mutuellen Valenz der für den jeweiligen Immunitätszustand maßgebenden Faktoren im Einzelfalle zwar günstige, aber im voraus niemals mit Sicherheit zu bestimmende Wirkungen erreicht werden. Die Anwendung solcher Stoffe kann demgemäß immer nur eine beschränkte sein, sie wird im wesentlichen bloß Zufallstreffer bringen können, während die im natürlichen Wege unter dem Einfluß äußerer Reize, wie im besonders jenen des Sauerstoffmangels sich entwickelnden biochemischen und funktionellen Abwehrmaßnahmen eine zielsichere Steigerung des Immunitätszustandes und damit der Heilungsprozesse herbeiführen.

Die *Tuberkulose* nimmt zwar wie ich dies schon an anderer Stelle vermerkt habe in jedem Individuum nach ein oder mehrmalig erfolgtem Importe sowohl was die Ueberwindung eines alten als die Abwehr eines neuen Infektes anlangt stets ihren besonderen bereits kongenital durch die potentiellen Reserven des Körpers bestimmten Verlauf der je doch in gedachter Weise kurativ zu beeinflussen ist. Was die spezifische Therapie hierbei gelegentlich erreichen kann leistet in bestimmter fast gesetzmäßiger Weise die einander ergänzende Wirkung und günstige Kombination der meteorologischen Heilfaktoren. Unter dem Einflusse der werden Protein derivative vom Charakter der Antikörper mobilisiert wobei die in den Kreislauf gelangten endogenen Stoffe umstimmend auf das erkrankte Terrain einwirken was durch Heildreaktionen manifest werden kann. Im besonderen erscheint es wie ich schon vor Jahren rücksichtlich der photokatalytisch entstandenen Metaboliten betonte beachtenswert daß dieselben auch entfernte Stellen kurativ beeinflussen daselbst fermentative Prozesse mit Zerstörung der Bazillen anregen und dieser Art die vom gereizten Hautorgane reflektorisch bewirkte Steigerung der vitalen Leistungen des Körpers unterstützen. Die Klimatherapie wirkt unter Intervention zellulärer Abbauprodukte. Vergessen wir immerhin nicht daß auch das Tuberkulin ein Polypeptid darstellt.

Bei gleichzeitiger Ausnutzung jedoch vorsichtiger Dosierung der *Besonnung* durch welche dem Körper lebendige Kraft in Form kalorischer und aktinischer Strahlung zugeführt wird stellt sich diese Behandlungsart in der Tat als eine energetische dar die unter Aktivierung der im Organismus vorhandenen Katalysatoren eine Förderung des Stoffwechsels veranlaßt während die Verwendung von Antigenen Abnutzung des jeweils disponiblen Energievorrates bedeutet. Eine ähnliche Auffassung kommt übrigens auch in letzter Zeit in der Balneologie zum Ausdruck indem der Einflusse der Bäder als eine Reizkörpertherapie betrachtet werden bei welcher der gesteigerte Stoffwechsel des Hautorganes eine Fernwirkung auf die Funktionen des Gesamtorganismus entfaltet.

Im Hinblick auf die verschiedene Reaktionsfähigkeit des Körpers seine individuelle Widerstandskraft sollen aber auch die so wirksamen Reize des Hochgebirgsklimas *nicht überspannt* werden. Schwächliche Individuen gehören um es bei dem beschränkten Raume hier nur ganz kurz zu sagen nicht in die Hochregion auch nicht an die nördliche roboternde Seeküste mit ihrem ausgeprägten Reizklima sondern an die sonnen

bestrahlten Gestade des Mittelmeeres im Sinne der Schonungstherapie — Die im gewohnten Klima unter günstigen hygienischen Bedingungen erworbene wetterfeste Abhartung (*L. von Schroetter*) bildet die beste Gewähr für dauernd erhöhte Widerstandskraft. Hochgebirge einerseits, die mediterrane Seeküste andererseits kommen vor allem für die Mobilisierung von Heilungsprozessen in Betracht, die dann unter den gewohnten klimatischen Bedingungen zu festen sind.

Kehren wir nach diesem Exkurs, der im Hinblick auf die therapeutische Seite der Anpassungsvorgänge wichtig erschien, wieder zu den Lebensbedingungen auf den Hochgebirgen zurück, wobei die Bedeutung der in Betracht kommenden Reaktionen in diesem Aufsatz nur angedeutet, jedoch keineswegs erschöpfend umrissen werden kann.

Drei Gesichtspunkte sind es vor allem, um welche sich die Forschung der letzten Jahre bewegt, die Klärung der die *Dissoziationskurve des Oxyhaemoglobins* beeinflussenden Momente mit Determinierung des „Hämoglobinsystems“ (*G. S. Adair*) die richtige Fassung und Deutung der sogenannten *Neutrality-reaction* des Blutes bzw. die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration in ihrem Verhältnisse zur Atemmechanik, Kohlensäuretonus und Sauerstoffspannung im Blutplasma sowie den Geweben, endlich im Zusammenhang mit diesen Kardinalfragen der weitere Ausbau des in allgemein biologischer wie auch klinischer Richtung so wichtigen *Akklimalisationsproblems* im engeren Sinne, bezüglich dessen das endokrine System sowie die chemischen Veränderungen der Körpersäfte mehr in den Vordergrund treten. Die bekannten Versuche den Mount Everest zu bezwingen, beleuchten zur Genüge die praktische Bedeutung dieses Forschungsgebietes.

Wie schon bemerkt treten die einzelnen Anpassungsvorgänge nicht gleichzeitig in Erscheinung und sind hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nicht von gleicher Dauer, wobei jedoch eine stete gegenseitige Abstimmung und Wechselwirkung erfolgt durch welche erst die optimale Immunität erreichbar ist. Die einzelnen Kompensationsmittel und deren jeweilige Intensität werden nach Maßgabe der bei abnehmendem Barometerdrucke an die Sauerstoffversorgung der Gewebe gestellten Anforderungen in Funktion gesetzt, so daß die reparatorischen Vorgänge einander ergänzend und entlastend eine neue energetische Einstellung des Gesamtorganismus herbeiführen. An die bereits einleitend genannten Vorgänge knüpfen eng jene so wichtigen Veränderungen an, die dahin zielen einerseits die Wasserstoffionenkonzentration trotz verminderter Kohlensäureretention möglichst konstant zu erhalten¹⁾, andererseits die infolge verminderter Dissoziationsspannung des Oxyhaemoglobins erschwerte Abgabe von Sauerstoff an das Plasma bzw. die Gewebszellen zu kompensieren. In gleicher Weise zunächst zentral wie die Respiration und Zirkulation wird auch die Steuerung im Zwischenhirn angeregt um Stoffwechsel, Wärmeökonomie und Wasserhaushalt (Osmose) mit den Einwirkungen auf den Blutumlauf in Beziehung zu bringen, der je nach Bedarf beschleunigt oder durch die Interferenz der anderen Kompensationsmittel wie u. a. der Zunahme der Erythrocyten und des Haemoglobins in normalen Grenzen ge-

¹⁾ Darauf daß das Blut bei vermehrter Kohlensäureausscheidung (erhöhter Lungenventilation) *alkalisch* werden und dies weitere Folgen haben muß ist zuerst von *P. Bert* aufmerksam gemacht worden.

halten und das Herz geschont wird — Ob die Haematopoese auf direkte Reizung des Knochenmarkes oder unter Vermittlung der Schilddrüse erfolgt wie namentlich *L. Asher* meint ist noch nicht ausreichend sicher gestellt

Mehr und mehr werden mit steigender Erhebung über das Meeresniveau und demgemäß erschwertem Sauerstoffimporte außer dem schon auf die Initialreize hin empfindlichen Knochenmarke jene Organe und biologischen Komplexe herangezogen welche gemäß ihrer vaskularen Blutversorgung ihres idiosyncratischen Stoffwechsels oder ihrer funktionellen Valenz für die bei beginnendem Sauerstoffmangel der Gewebe entstehenden Reize besonders empfindlich sind um den Kampf um ein möglichst wertvolles Leben in der Hochregion von 4000—5000 m aufzunehmen Unter steter Erhöhung der Wirksamkeit der zunächst einsetzenden Regulationsmechanismen — der optimalen gegenseitigen Anpassung von Haemoglobin gehalt Polycythämie Blutvolumen der Verteilung desselben auf die beiden Kreisläufe zu einer der normalen möglichst ähnlichen Blutforderung und Herzarbeit — sind die großen Drüsen sowie namentlich der mit dem vegetativen Nervensysteme innig gekuppelte endokrine Apparat am Werke um den zellularen Stoffwechsel zu regeln genügende Sauerstoffmengen für den hohen Arbeitsbedarf der Korpermuskulatur disponibel zu machen und die Leistungsfähigkeit der Parenchymgewebe selbst zu sichern Hierbei kann der Gasaustausch noch annähernd normal verlaufen oder bereits vermindert sein und sich eine qualitative Veränderung durch Sinken des R Q kund geben

Unbeschadet des Zusammenwirkens dieser Anpassungsmittel sind sie aber auch bei voller Entfaltung im Hohnniveau von 5000 m nicht mehr imstande, den Einfluß der verminderten Sauerstoffspannung der Atmosphäre zur Ganze auszugleichen Der menschliche Motor arbeitet bei einem Sättigungsdefizit des Blutes von 20 % bereits mit wesentlich herabgesetztem Nutzeffekt Das funktionelle Gleichgewicht des Organismus ist labiler geworden, Zyanose oft schon bei Korperruhe den Leuten „auf die Gesichter geschrieben“

Zielt wie wir den Arbeiten von *J. Barcroft* *J. S. Haldane* *J. Henderson* u. a. verdanken, die Steigerung der Wasserstoffionen Konzentration vor allem dahin, eine ausreichende Abspaltung des Sauerstoffes auch bei Verschiebung der Dissoziationskurve nach links — einem für die Gesamtsättigung des Blutes günstigen Vorgange — zu gewährleisten und damit den Diffusionsdruck des Gases zur Versorgung der Gewebe zu erhöhen, so werden bei weiterer Abnahme des Barometerdruckes — namentlich unter den Anforderungen von Muskelarbeit oder seitens akzidenteller äußerer Faktoren —, die der Sicherung des Sauerstoffimportes dienenden, wie auch die den Gesamtsatz regelnden Kompensationsmittel, (unter denen man die Bedeutung einer entsprechenden Verteilung und Wanderung der Kationen bzw. Basen nicht übersehen wird) zunehmend insuffizient und bringen dadurch Störungen in die Synergie der Anpassung — Es müssen demgemäß außer der vom nervösen Zentralapparat via endokrines System ausgeübten Bremswirkung auf den Stoffwechsel Sparmaßnahmen seitens der bedürftigen Zellen selbst — wie schon *L. Pasteur* vermutet und *P. Bert* ausgesprochen hat —, in der Richtung eingeleitet werden daß die fixen Gewebeelemente mit größerer Ökonomie, einer erhöhten Ausnutzung arbeiten bzw.

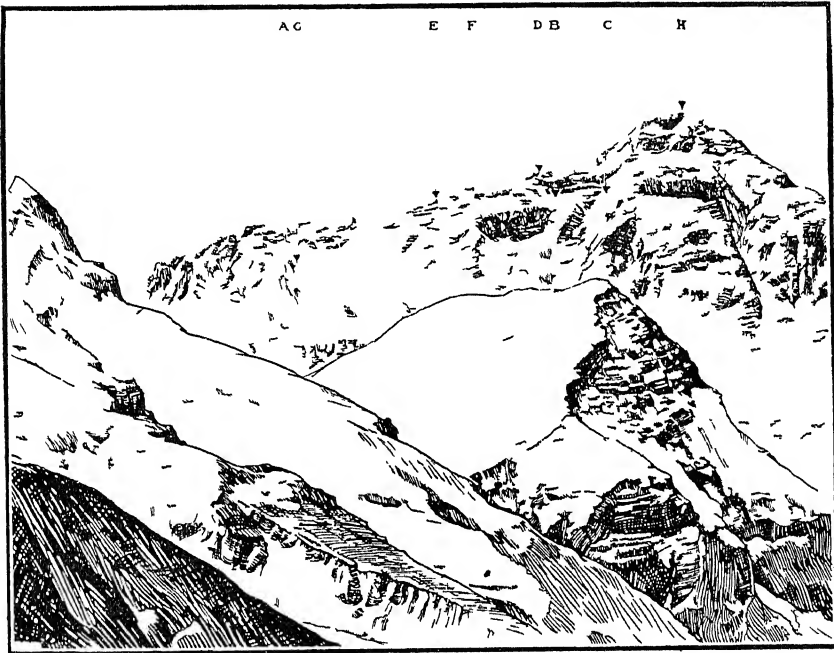
ihren spezifischen Funktionen mit einer geringern Menge von Sauerstoff (bei vermindertem Potentiale) aus dem nur mehr unvollständig gesättigten Kapillarblute zu entsprechen vermögen und *Anaerobie* maßgebende Bedeutung erlangt

Auf diese Atmung, die bezuglichen katalytischen Vorgänge — in denen möglicherweise besondere Fermente wie das „Pnein“ von *F. Batelli* und *L. Stein* beteiligt sind — werden sich offenbar jene Texturen leichter einstellen können, die, wie im besondern die Muskeln, schon unter normalem Drucke anaerob zu arbeiten imstande sind. Aber auch die auf eine rege Energiezufuhr angewiesenen Organe werden ihre Umsetzungsprozesse derart gestalten müssen, daß Reservesubstanzen oder fermentativ aus dem Protoplasma gebildete Stoffe zur Respiration herangezogen werden. Jedenfalls erfolgt die Verwendung des der äußern Atmosphäre entstammenden Sauerstoffes derart, daß in erster Linie die besonders bedürftigen durch eine schwache, intratexturale Sauerstoffspannung charakterisierten Organe, Hirn, Rückenmark sowie Herz, Niere, Leber versorgt, also die zentrale Steuerung und die Kardinalfunktionen erhalten bleiben, während die Bewegungsmuskulatur hinsichtlich Belieferung mit freiem Sauerstoff zurücktreten muß.

Reichen die gesamten Hilfsmittel nicht mehr aus, um den Mindestansprüchen der Zellen bei Hypoxybiose zu genügen, dann treten abnorme Umsetzungen innerhalb ihrer kolloidalen Struktur mit Zerstörung dieser ein, die sich nicht bloß im chemischen Wege wie durch erhöhte Ammoniakausscheidung im Harn, erschließen, sondern wie die Hydrolyse bzw. trübe Schwellung, die fettige Degeneration der Muskelfasern der Drüsenparenchyme (Leber, Niere) auch anatomisch nachweisen lassen. In Rücksicht auf bekannte Untersuchungen von *W. Weichardt* bei Ermüdung, von *C. Richet jun.* beim Hitzschlag, wird man bei diesen Prozessen an die Möglichkeit der Bildung von echten Antikörpern gegen die durch Muskelarbeit unter ungünstiger Sauerstoffversorgung sowie bei abnormer Thermik gebildeten Giftstoffe denken dürfen, die anscheinend für das Herz und die Niere besonders nachteilig sind. Man versteht, daß jene Zellen und Organe deren Funktion eine stetige ist, die einen hohen Verbrauch aufweisen schließlich doch trotz relativ günstiger Blutversorgung und bevorzugter Belieferung mit Sauerstoff versagen werden, wenn diese dauernd insuffizient wird. Dies trifft, wie schon angedeutet, vor allem für das Zentralnervensystem und namentlich das Herz zu, das durch chronischen Sauerstoffmangel am stärksten leidet.

Die Alpinisten *Malory* und *Irvine* sind bei der letzten Himalayaexpedition an schließlichem Zusammenbruch des Atemzentrums, der vegetativen Steuerung und an jener Herzinsuffizienz zugrunde gegangen, die in der fettigen Degeneration der Muskelfasern ihren sinnfälligen Ausdruck findet — Andererseits lassen gerade die Bestrebungen zur Erstiegung des Mount Everest (Fig. 2) erkennen, wie der Organismus, gleich einem edlen Rennpferd vor dem Ziele, gewis

sermaßen sein Letztes hergibt, um unter dem Zwange kortikaler Erregung bezw des „Umwelts- auf das Lebensnervensystem“ (*F Glaser, H Zondek u a*) die dynamischen Möglichkeiten des Körpers durch psychischen, im endokrinen Wege vermittelten Druck auf die Zellmetabolie zu steigern so daß schließlich der Wille zum Siege das letzte Anpassungsmittel wird — Von diesem Gesichtspunkte erscheinen auch jene Gedanken besonders beachtenswert, die *A Bier* über



MOUNT EVEREST FROM THE BASE CAMP

Fig 2

Die Buchstaben bedeuten die von den einzelnen Mitgliedern der Expedition erreichten Höhenquoten am Nordflamme

„Hochleistungen durch seelische Einflüsse und durch Daseinsnotwendigkeiten“ entwickelt hat, wie ich dies kürzlich an anderer Stelle betonte. Ebenso war hier in die Befunde von *N W Mac Keith* über den sogenannten „second wind“ bei körperlichen Extremleistungen zu erinnern. Auch wird man der bewußten Einschränkung aller Lebensfunktionen seitens der Fakire (*C v Shipley, R Schmidt u a*) endlich der winterschlafenden Tiere gedenken, wenn diese Fähigkeiten auch vornehmlich für Korperruhe in Frage kommen.

Betrachten wir bei der Bedeutung des Problems das *Zusammenwirken* aller *regulierenden Faktoren* von einem mehr einheitlichen Gesichtspunkte, so erscheinen auch an der Akklimatisation im wesentlichen Veränderungen *serologischer* Natur beteiligt, indem infolge vermindelter Sauerstoffzufuhr gebildete Intermediärprodukte — die ich als Isoreagine oder Isotoxine bezeichnen mochte — die Anpassungsvorgänge vermitteln. Hierbei kann in einem hohen Druckniveau sogar eine Ueberkompensation mit Gewinn für den Körper erfolgen, während in einem tiefern, bei ungenügender Reaktionsfähigkeit und mangelhafter Korrelation der angeregten Anpassungsprozesse Störungen verursacht werden, welche die Akklimatisation verzögern oder nicht zustandekommen lassen. Wie beim Importe körperfremder Proteine bezw. von Giften überhaupt, wirken auch die bei Sauerstoffmangel auftretenden idiogenen Stoffe als schwacher Reiz fordernd als starker — wenn in erhöhtem Maße, sei es lokal oder allgemein gebildet — lahmend auf den Komplex der vitalen Funktionen ein.

Während wir über die chemische Struktur der auf die Wirkung bakterieller Antigene entstehenden Antikörper noch wenig unterrichtet sind, können die bei Sauerstoffmangel gebildeten Abwehrstoffe wenigstens einigermaßen definiert werden, indem sich nicht nur deren Saurecharakter sondern auch bestimmte Verbindungen dieser Art wie die Milchsäure Aminosäuren nachweisen lassen, deren Anwesenheit in einer Steigerung des sogenannten Reststickstoffes ähnlich wie bei typischer Serumaphylaxie und einer Verschiebung des Lipoidspiegels zum Ausdruck kommt. Daß dabei aber auch noch komplizierter gebaute Eiweißfragmente beteiligt sind, die wir nur im biologischen Wege zu erschließen vermögen, dürfte kaum zu bezweifeln sein. Ich erinnere in dieser Hinsicht an die Haemo-poetine von *P. Carnot* und *C. Deflandre*, proteinogene Reizstoffe, welche offenbar auch an der zuerst von *B. Morawitz* sichergestellten Sauerstoffzehrung des Blutes im Hoheniveau beteiligt sind. Die von *Ch. Richet* jun. bei Hyperthermie auftretenden Zerfallsprodukte, welche sich ebenso wie die vorgenannten Reagine mit positivem Erfolge übertragen lassen, sprechen dafür, daß auch auf primär physikalische Einwirkungen hin Substanzen gebildet werden, welche die Serumstruktur ändern und Abwehrmaßnahmen vom Charakter der Immunitätsvorgänge auslösen. Das von *G. Mansfeld* angenommene Kuhl- bezw. Heizhormon bringt bezügliche Prozesse mit bestimmten Texturen in diesem Falle der Nebenniere in Zusammenhang u. a.

Untersuchungen über das Verhalten typischer Immunitäts-Reaktionen (wie u. a. Typhus Vakzin) im Hoheniveau über 4000 m fehlen noch, die uns vielleicht einen weiteren Einblick in die Energetik der zellulären Abwehrvorgänge sowie die chemische Serumstruktur bei Sauerstoffmangel ermöglichen könnten. Ich beabsichtige entsprechende Studien an Versuchstieren auszuführen — Daß Infektionskrankheiten wie die Variola auch in der Hochregion über 4500 m vorkommen, sei hier nicht un-
vermerkt.

Die Immunität gegen das Höhenklima ist ihrem Wesen nach als eine *aktive* zu bezeichnen. Mit Rücksicht auf die gemachten Hinweise erscheint immerhin auch die Möglichkeit einer, wenn auch begrenzten passiven Immunität denkbar, wie sie durch Uebertragbarkeit der sogenannten Ermüdungsstoffe (*W. Weichardt*, *E. Seier* u. a.) nahegelegt wird. Weitere Versuche in gedachter Richtung erschienen empfehlenswert, wobei auch auf das Verhalten des Liquor cerebrospinalis zu achten wäre — Daß bei der chemischen Warmeregulation Veränderungen des Serums intervenieren, der Hitzschlag zum Teile als Autointoxikation aufgefaßt werden kann,

(wie u a *W H Willcox*) habe ich bereits an anderer Stelle ausgeführt Auch für die Störungen bei Sauerstoffmangel namentlich die Symptome welche bei gleichzeitiger Muskelarbeit in Erscheinung treten (Bergkrankheit) wird man diesen Begriff als ursächlich begründet anwenden dürfen Bei rascher Dekompression (wie bei passiver Beförderung) handelt es sich dagegen um die unmittelbaren Effekte des Sauerstoffmangels welcher mehr oder weniger rasch zur Lahmung führt

Schien noch vor 20 Jahren das Anpassungsproblem vornehmlich in Veränderungen der sozusagen greifbaren Funktionen zu liegen, so konnten wir vielmehr heute Beziehungen aufzeigen, wie sie für die Immunitätsvorgänge im engern Sinne maßgebend sind Es erscheint in der Tat berechtigt, auch rucksichtlich Kompensation des Höhenklimas von einer *humoralen* und *zellularen Anpassung* oder, um bei der bescheidenen Diktion der Alten zu bleiben, von einer tatsächlichen Umstimmung des Gesamtorganismus zu sprechen Diese wird um so wirksamer, der Körper gegen die Anforderungen der Hochregion um so widerstandsfähiger sein, je harmonischer die Synergie der Regulationsmittel verläuft

Auch die *Anpassung* an die *verminderte Sauerstoffspannung* der Hochregion geht mit gleichartigen Reaktionen, der Bildung gleichwertiger Stoffe einher und läßt dieselben Gesetzmäßigkeiten erkennen, wie andere Schutz bzw Immunitätsvorgänge Darf ja doch der Begriff Krankheit überhaupt als ein Zustand gefährdeter Oxydationsprozesse des Protoplasmas aufgefaßt werden Im besondern können wir mit Rücksicht auf zunehmende Luftverdünnung zwei *Phasen* unterscheiden, erstens die Leistungssteigerung sämtlicher mobilisierbarer Komponenten durch den Reiz saurer Intermediärprodukte, zweitens die progressive Inanspruchnahme anaerober Oxydationsprozesse als Auxiliarkräfte und die Umstellung des zellularen Energiewechsels auf maximalen Nutzeffekt

Nur in einer Richtung weichen vielleicht die da und dort entwickelten Vorgänge starker von einander ab indem nämlich die Nachwirkung bzw die *Dauer* der *Immunität* nach dem Aufenthalte in der Hochregion rascher schwindet als im allgemeinen der Schutz nach typischen Abwehrprozessen Die Anpassung an die Hochregion muß — heißt es zumeist — immer wieder neu erworben werden Tritt man aber der Frage näher so verdient zunächst die mehrfach — u a auch für das Hochplateau von Mexiko — kürzlich wieder hervorgehobene Tatsache Beachtung daß man sich nach einem früheren Aufenthalte in der Hochregion viel schneller und unter geringeren Erscheinungen wieder an dieselbe akklimatisiert als das erstmal daß dieses Verhalten sogar für die Aufeinanderfolge der relativ kurzen Expositionen des Flugpiloten (selbst für Versuche in der pneumatischen Kammer) gilt und daß und zwar gerade physisch minderwertige Menschen wie schon früher bemerkt einen *dauernden* Gewinn rücksichtlich ihres Ernährungszustandes und ihrer Leistungsfähigkeit davontragen Ergibt sich doch hieraus, daß durch das Höhenklima nicht etwa bloß eine Korrektur von Schäden erfolgt, durch deren Beseitigung der Organismus wieder funktionstüchtig wird sondern — da das genannte Verhalten nicht nur auf seelische Erinnerungsbilder oder leichtere Bahnung psychomotorischer Vorgänge durch das seinerzeitige Muskeltraining bezogen werden kann — daß durch die unmittelbaren Wirkungen des Sauerstoffmangels beim Zustandekommen der erstmaligen Immunität doch auch Veränderungen der zellularen Struktur ver-

anlaßt oder Stoffe von langer dauerndem Bestande erzeugt und verankert worden sein durften durch deren Intervention die Erscheinungen von Bergkrankheit im weitesten Sinne zwar nicht verhindert aber abgeschwächt und verkürzt werden können. Es bestehen also auch in dieser Beziehung immerhin beachtenswerte Analogien mit Schutzvorgängen bei Infektionskrankheiten wobei an eine Beteiligung (Bindung) an das retikulo endotheliale System gedacht werden konnte.

Werfen wir einen Blick auf die Ergebnisse der *praktischen Erfahrungen* so wußten wir nach den Expeditionen des Ehepaares *Bullock Workman* sowie jener des Herzogs *Lungi di Abruzzi* (mitgeteilt von *F. di Filippo* 1912), daß man bis gegen 7500 m vordringen und dabei Temperaturen von -25° trotzen kann, wenn der Aufstieg in Etappen erfolgt. Zweifelhaft war jedoch, ob durch progressive Akklimatisation und entsprechendes Training in der Hochregion eine noch ausreichende Immunität erzielt werden konnte um unter Heranziehung künstlicher Sauerstoffrespiration die Höhe von 8000 m zu überschreiten. Man wird die Worte von *G. Bruce* dem Leiter beider Mount-Everest Expeditionen zu würdigen wissen, wenn er sagt „Weil ich hatte gedacht, daß man eine Höhe von 28,000 engl. Fuß ohne Sauerstoff erreichen, daß man drei Aufstiege zwischen 25,000 und 27,000 innerhalb einer Woche ausführen und durch eingeborene Träger Lasten von 15 bis 20 Pfund in dieses Höhengniveäu, wenn auch unter Erschöpfung befördern kann.“

Deutlicher noch als die Aufzählung einzelner Symptome und Störungen die von *R. W. G. Hingston* mitgeteilt worden sind, kommt das fortwährende „Pendeln um das physiologische Gleichgewicht“ — wie ich den Zustand in solchen Höhen einmal bezeichnet habe — in den Mitteilungen jener Teilnehmer, so namentlich von *C. F. Noillon* zum Ausdruck, welche den Kampf in der höchsten Region aufnahmen, wonach die Atembeschwerden, die Erschöpfung beim Vordringen nach oben eine derartige war daß unter Anspannung voller Willenskraft stets nur 20 bis 30 Yard, also zirka 20 m zurückgelegt und dann eine Pause von 1—2 Minuten eingeschaltet werden mußte bis sich die keuchende Respiration bei auf die Knie gestütztem Oberkörper wieder beruhigt hatte — Bemerkenswert erscheint, daß, während die Atmung bei Korperruhe im Tieflande 64 Sekunden unterbrochen werden konnte, dies am Nordkamm des Mount Everest nur durch 14 Sekunden möglich war.

Die maximale Vertikaldifferenz, die pro Arbeitsstunde überwunden werden konnte, betrug 33 m. Berücksichtigt man diesen Wert und vergleicht ihn mit jenem bei maximaler Steigarbeit in der Höhenzone bis zu 3000 m, so läßt sich die Verminderung der *Leistungsfähigkeit* des menschlichen Motors oberhalb 8000 m auch einigermaßen *quantitativ* erfassen. Eine Schätzung in dieser Richtung ist mir u. a. auf Grund einer persönlichen Erfahrung möglich, wonach ich seinerzeit den Dachstein rund 3000 m hoch, von Hallstatt aus, Seehöhe 500 m in bloß fünf Stunden bestieg, so daß pro Stunde durchschnittlich 500 m, also der funfzehnfache Höhenunterschied, entfallen. Es läßt

sich demnach sagen, daß die *absolute* Leistungsfähigkeit der Teilnehmer an der Himalayaexpedition trotz allmählicher Anpassung und besondern Trainings auf 7 % reduziert war

Berücksichtigt man weiter die Differenz der atmosphärischen Sauerstoffspannung von rund 21 % im Meeresniveau, gegen 7 % auf den Kammhöhen des zentralen Himalaya sowie die Tatsache, daß der Organismus des Säugetieres bei einer Tension von 5 % erliegt, die disponible Breite also nur 16 % Sauerstoff beträgt, so läßt sich die Größe der Anpassungsfähigkeit derart definieren, daß die Grenze der Immunität gegen Sauerstoffmangel im Ausmaße von 88 % der überhaupt möglichen nach oben verschoben wurde, wodurch die *relative* Leistungsfähigkeit mit etwa 14 % statt 7 % zu bewerten wäre, da sie mit weniger als dem halben Sauerstoffdrucke erzielt wurde

Zweifellos wäre dieselbe wesentlich zu steigern gewesen, wenn die Sauerstoffrespiration in der letzten Etappe methodisch d. h. derart zur Anwendung gekommen wäre, daß man sie nicht bloß vorübergehend benutzt sondern während des letzten Angriffs kontinuierlich verwendet hatte — Daß unter den in Betracht kommenden Umständen das Gas erwärmt und namentlich feucht den Luftwegen zu strömen soll, habe ich schon an früherer Stelle nachdrucklich hervorgehoben

Von besonderm, auch praktischem Interesse erscheint die *Anpassungszeit* welche die Periode der abklingenden Störungen bis zur Herstellung voller leistungsfähiger Akklimatisation umfaßt. Wenn nun auch die ersten Uebergangserscheinungen bezw. Beschwerden durch Hyperkompensationsvorgänge seitens der leicht mobilisierbaren Funktionen zumeist schon in einigen Tagen überwunden werden (die Hyperglobulie meist schon am zweiten Tage deutlich ist) und dieserart eine *partielle Anpassung* erfolgt, so dauert es wesentlich länger, bis unter Heranziehung aller Regulationsmittel und der zellulären Kräfte des Gesamtorganismus die entsprechende *Leistungsfähigkeit* wieder hergestellt ist

Soweit sich dies nun auf Grund der Erfahrung sowie bezuglicher Befunde beurteilen läßt, wird man für diese Zeit im allgemeinen 14 Tage annehmen können, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Anpassung an ein absolut tieferes Druckniveau eingreifendere Regulationen und zur vollen Abstimmung dieser eine längere Periode erfordern wird als beim Wechsel geringerer Druckstufen. Dieser *Zeitraum* entspricht nun auch jenem der auf dem Gebiete der Immunitätsvorgänge im engeren Sinne durchschnittlich zur Ausbildung zellulärer Abwehrprozesse bezw. bis zur Nachweise entsprechender Antikörper benötigt wird nachdem zuerst eine Phase von Ueberempfindlichkeit mit thermischen und andern Reaktionserscheinungen vorausgegangen ist. Wenn sich nun auch die da und dort in Betracht kommenden Vorgänge nicht völlig decken, so erscheint es mit Rücksicht auf das Wesen der Akklimatisation immerhin auffallend daß

sich die Umstellung der „chemischen Serumstruktur“, in beiden Fällen gleichartig und annähernd in gleichen Zeiten vollzieht

Einen nicht uninteressanten Behelf zur *Ermittlung der Anpassungsgeschwindigkeit* namentlich an große Höhen gibt die letzte Mount Everest Expedition an die Hand zu welchem Zwecke ich die für die europäischen Teilnehmer an der Expedition maßgebende Akklimatisationsperiode nach den Daten des offiziellen Berichtes mit Bezug auf Zeit und Höhe graphisch dargestellt habe — vergl. Fig. 3 — ohne dabei auf die für die einzelnen sechs Mitglieder im oberen Abschnitte des Nordkammes in Betracht kommenden Höhendifferenzen besonders eingehen zu können. Da die Dauer des Aufenthaltes im Niveau von Darjeeling 2180 m der in dieser Richtung ebenfalls Bedeutung beansprucht nicht angegeben ist wurde als erster Tag für die Anpassung an die Hochregion das Datum der Passierung des tibetischen Grenzortes Phari angenommen. Wie man sieht ergibt sich bei zusammenfassender Betrachtung des stufenförmig mit Hilfe von sieben Lagerplätzen erkämpften Aufstieges eine annähernd gleichmäßige Erhebung unter einem Winkel von 35° so daß während der mehr als zweimonatlichen Angriffszeit durchschnittlich *100 m Höhendifferenz pro Tag* entfallen wobei jedoch zu berücksichtigen ist daß der Luftdruck mit steigender Erhebung rascher abnimmt als diese und oberhalb des Rongbukgletschers im Gebiete der Hochlagerplätze von den einzelnen Teilnehmern Aufstiege mit wesentlich höherer Geschwindigkeit und unter dem entsprechend rascherer Dekompression ausgeführt wurden.

Fassen wir das hier nur in Kurze Vorgetragene zusammen um im besondern jene Fragen zu beantworten, die dem gegebenen Thema zugrunde liegen, so läßt sich etwa das Folgende sagen:

Der Mensch ist, wie dies für alle Lebewesen schon von *Cl. Bernard* ausgesprochen, und von *P. Bert* klar formuliert wurde, dem Sauerstoffdrucke seiner Umwelt im Laufe von Generationen angepaßt, *Spencer Wells* hat diese Akklimatisation auch in kultureller und sozialethischer Richtung betont — Jede Veränderung der Tension oder des Milieus muß demgemäß auch Reaktionen auslösen.

Die *Immunität* gegen *Sauerstoffmangel* ist aber auch unter vollem barometrischen Drucke keine absolute, sondern eine bedingte, insofern nämlich als bei Leistungssteigerung im besondern bei anstrengender Muskelarbeit progressiver Sauerstoffmangel auftritt, der die Funktionstätigkeit der aktiven Gewebe begrenzt.

Diese bloß *konditionelle* Immunität selbst bei maximalem Barometerstande hat, wenn wir diesen Begriff beibehalten, aber offenbar tiefere Bedeutung, da sie die Triebfeder zu reparativen und formativen Prozessen des Protoplasmas überhaupt darstellt, indem die bei allgemeinem oder örtlichem Sauerstoffmangel auftretenden Zersetzungsprodukte ähnlich den durch Zellschädigung (Nekrobiose) entstandenen Stoffen als Reize wirken und dieserart Assimilation, Neubildung und funktionelle Hypertrophie veranlassen — Von der individuellen Reaktionsfähigkeit und den in den Geweben verfügbaren Reserven sowie von der Konzentration (Menge), zellulären Provenienz und der besonderen chemischen Beschaffenheit dieser anscheinend den Aminoskörpern nahestehenden Stoffen werden die jeweiligen nutritiven Wirkungen abhängen. Die Klimatotherapie in Höhenlagen beruht — sofern sich nicht auch der Einfluß der andern meteorologischen Fak-

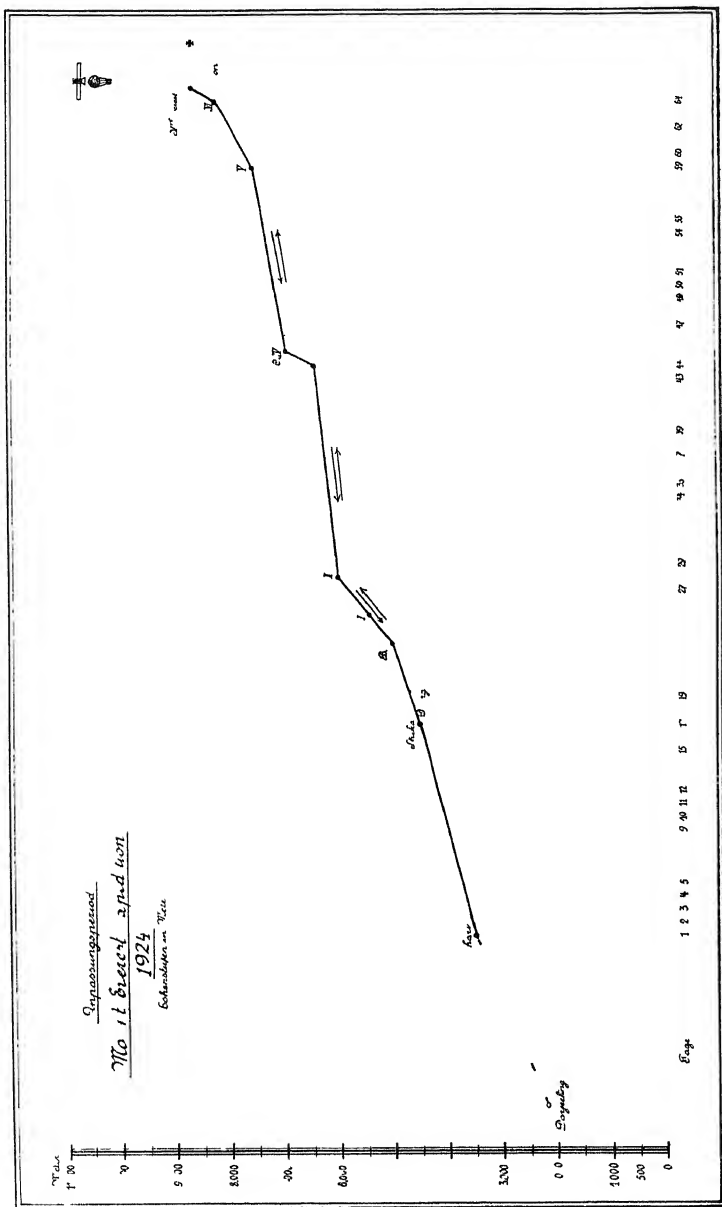


Fig 3

toren, wie Kalte, Strahlung nachdrucklich geltend macht — im wesentlichen auf diesen Vorgängen

Die Berechtigung einer solchen Auffassung ergibt sich nicht bloß aus den Studien über Wundheilung bei Tier und Pflanze. Die Neubildung roter Blutkörperchen unter dem Einflusse körperlicher Betätigung (Sport) auch in gewohntem Druckniveau wie namentlich bei gleichzeitiger Bestrahlung, die Hyperglobulia vera nach akutem bzw. experimentellem Pneumothorax, die Arbeitshypertrophie der Muskulatur weist auf diesen Zusammenhang und ist hier gerade im Hinblick auf die zum Teile anaerobe Atmung der kontraktilen Elemente verständlich. Auch das Heranwachsen des Embryos scheint sich unter dem Einflusse relativen Sauerstoffmangels zu vollziehen.

Nur nebenbei sei hier bemerkt, daß auch der therapeutische Einfluß des künstlichen Pneumothorax mit den durch chronischen Sauerstoffmangel bewirkten Vorgängen zusammenhängen dürfte. Die im Wege der labilen Sauerstoffversorgung entstehenden formativen Reize kompensieren gleichsam jene Schädigungen, die durch die dissimilatorische und antihämopoetische Wirkung des Tuberkulins veranlaßt werden.

Maximale Immunität kann nur durch künstliche Sauerstoffzufuhr bzw. durch Steigerung des absoluten Luftdrucks erreicht werden, wobei der — früher nicht entsprechend gewürdigte — Effekt des physikalisch im Blutplasma gelösten Sauerstoffes, die „action de presence“ wie sie *P. Bert* bezeichnet hat, zur Geltung kommt.

Wenn nun auch anzunehmen ist, daß der Sauerstoff nur nach vorausgegangener adsorptiver Bindung oder Verankerung wirkt, die Oxydationen also kataphoretisch oder katalytisch vor sich gehen, so stellt der im Blute gelöste Sauerstoff ein sich stetig wieder auffüllendes Reservoir dar, aus welchem Menge und Diffusionsdruck des Gases ergänzt werden können. Die Zellen befinden sich demgemäß unter optimalen Bedingungen, die einen sedativen Einfluß ausüben und bei funktioneller Inanspruchnahme eine Schonung protoplasmatischer Kräfte bedeuten müssen. Der spezifische Energiebedarf der Zelle ist voll gedeckt, sie befindet sich daher in größter Leistungsbereitschaft. — Daß sich im besondern die mit einer idiotypen Rhythmik begabten Ganglienzellen der nervösen Zentralorgane bei erhöhter Sauerstoffspannung der Atmosphäre in einem Zustande verminderter Erregung befinden, darauf weist u. a. der von *A. E. Foley* 1863 festgestellte Befund, wonach die Pulsfrequenz in komprimierter Luft abnimmt. Ermüdung tritt wesentlich später und schwächer ein, wenn unter Sauerstoffrespiration gearbeitet wird.

Die Wirkung erhöhter Sauerstoffzufuhr wird bei jeder Druckverminderung erfolgen und nach dem Grad derselben zum Ausdruck kommen müssen, wenn nicht durch Anpassungsvorgänge die funktionellen Mängel korrigiert und die Reizschwellen im Sinne normaler Erregbarkeit verschoben wurden. — Von einer „physiologischen Inaktivität“ des Sauerstoffes bei vollem Barometerdruck kann sonach nicht gesprochen werden.

Wir können hieran — vorgreifend — den weiteren Satz knüpfen, daß sich die Wirkung künstlicher Sauerstoffzufuhr um so weniger geltend machen wird, daß das psychische und somatische Verhalten während derselben die bezugliche Leistungsfähigkeit um so weniger

von der Norm abweichen werden, je günstiger die individuelle Sauerstoffversorgung des Körpers bzw seiner einzelnen aviden Texturen ist, je mehr sich die Anpassungsvorgänge entwickelt, je vollkommener sich die Akklimatisation gestaltet haben, wie dies selbst noch in der Hochregion des Himalaya beobachtet werden konnte. Die relative Indifferenz gegen künstliche Sauerstoffinhalation kann gewissermaßen als ein Maßstab der erlangten Immunität gelten — Dieser sedative Einfluß ist nunmehr auch für das Hoheniveau von 1500 m von A. Loewy auf Grund mehrfacher Versuchsreihen besonders nachgewiesen worden, die das Bestehen relativen Sauerstoffmangels in diesem Niveau erkennen lassen. Hierbei ergab sich denn auch, daß die Wirkung der Sauerstoffrespiration um so weniger zum Ausdruck kommt, je mehr die Anpassung vorgeschritten ist, und demgemäß bei Eingeborenen nur unwesentliche Abweichungen zu beobachten sind.

Das Höhenklima ist in biologischer Richtung vor allem durch die verminderte Sauerstoffspannung der Atmosphäre determiniert, eine Auffassung, die in ihrer vollen Tragweite zuerst von P. Bert (geb 17. Oktober 1833, gest 16. Nov. 1886) erkannt und in ihren wesentlichen Schlußfolgerungen einwandfrei bewiesen wurde.

Die nach raschem Aufstieg in Regionen von niedrigem Druck und kurzem Verweilen daselbst auftretenden Symptome von Höhenkrankheit können als *direkte* Folgen der Insuffizienz der primär mobilisierbaren Anpassungsmittel, die Erscheinungen und Beschwerden nach relativ langsam, im besondern aktiv vollzogenem Höhenwechsel als *indirekte* bzw sekundäre Wirkungen des Sauerstoffmangels und ihrem Wesen nach als akute und bei längerer Dauer chronische Toxikose (A. Gaulier, H. Guillemin und G. Regnier u. a.) aufgefaßt werden, die der Organismus ohne (künstliche) Energiezufuhr nicht mehr auszugleichen vermag.

Der gesunde Eingeborene ist der atmosphärischen Sauerstoffspannung unter welcher er als Glied seiner Aszendenz lebt — ebenso wie das Tier — selbst für schwere körperliche Arbeit angepaßt. Für maximale Ansprüche ist aber auch die Leistungsfähigkeit des menschlichen Motors im Meeresniveau eine begrenzte, schon die Forderung der hierzu notwendigen Sauerstoffmengen von 1,5 bis 2,0 l pro Minute (wie beim Schwimmer, beim Skiläufer, beim Boxer) findet namentlich bei fehlender Training ihre Grenze durch die Erschöpfung der Atemmuskulatur und der Herzarbeit. Unter solchen Anforderungen ist auch der Tiefländer, wie schon bemerkt, nicht immun gegen Sauerstoffmangel — Durch künstliche Zufuhr von Sauerstoff kann die Leistungsfähigkeit, der mechanische Nutzeffekt gesteigert werden, indem Atemarbeit gespart und die Fortschaffung sowie Verbrennung der Stoffwechselprodukte erleichtert wird.

Verläßt der Mensch das ihm gewohnte Druckniveau, in welchem er geboren und aufgewachsen ist, um sich einem solchen von verminderter Sauerstoffspannung auszusetzen, so treten abhängig von der

Große der Druckdifferenz bzw der Seehöhe und je nach der Geschwindigkeit des Druckwechsels der dabei geleisteten körperlichen Arbeit, sowie den Einflüssen der übrigen klimatischen Faktoren, funktionelle Veränderungen Störungen mit herabgesetzter Leistungsfähigkeit oder endlich schwere Schädigungen auf, denen der Organismus akut oder chronisch erliegen kann

Bei *allmählichem* Uebergang in Hohenlagen mit verminderter Sauerstoffspannung und protrahiertem Aufenthalt unter abnehmen den Druckstufen erfolgt jedoch eine Anpassung verschiedener Valenz an die geänderte Umwelt derart, daß Störungen auch bei erhöhter Inanspruchnahme zurücktreten, Beschwerden gemildert werden oder gänzlich schwinden und unter simultaner Beteiligung sämtlicher biologischer Komplexe eine funktionelle Neueinstellung des Organismus herbeigeführt wird. Es gibt also eine *Immunität* gegen die *Wirkungen* des *Hohenklimas* bzw gegen dessen wesentlichen Faktor die Verminderung des Sauerstoffdruckes

Diese, und zwar auch die *kongenitale Immunität* ist aber stets nur auf bestimmte Druckstufen beschränkt und hinsichtlich der körperlichen Leistungsfähigkeit — beim Tieflander für Lagen über 2000 m, beim Hochlander für solche über 4000 m — eine begrenzte. Mit steigender Meereshöhe nimmt die Immunität ab. Die zu ihrer Erwerbung notwendigen Anpassungszeiten wachsen mit zunehmender Höhe, namentlich, wenn eine möglichst vollwertige Adaptierung des Organismus erreicht werden soll, gemäß welcher körperliche Arbeit ohne wesentliche Beschwerden geleistet werden kann

Die *Schutzwirkung* ist keine bleibende, die Immunität muß nach Rückkehr in tiefere Lagen stets wieder neu erworben werden. Durch vorausgegangenen Aufenthalt auf einer Hohenstufe kann die Anpassung an dieselbe erleichtert und damit die Akklimatisationsperiode verkürzt werden

Der Tieflander, wie auch der Bewohner der Hohenlagen von 2000 m verfügt über eine breitere Anpassungsfähigkeit als der Eingeborene der Hohenregion von 4000—5000 m. Der Eingeborene dieser Gebiete ist jedoch durch einen hohen Grad von Immunität gegenüber Mehranforderungen gekennzeichnet als der akklimatisierte Tieflander

Ob bestimmte von rassialen Merkmalen unabhängige *somatische Unterschiede* zwischen den Eingeborenen des *Meeresniveaus* und jenen der asiatischen oder andinischen *Hochplateaux* bestehen ist noch nicht ausreichend untersucht worden. Wichtig wäre hierbei die Feststellung inwieweit etwa bestehende typische Differenzen durch den verminderten Sauerstoffdruck bedingt oder durch andere Einflüsse der Umwelt veranlaßt sind — Durch die Eingliederung tiefländischer Volkselemente in die Hochregion namentlich jene über 4000 m werden der Konstitutionsanthropologie und der Familienforschung weitere interessante Probleme erwachsen wobei im besonderen festzulegen sein wird inwieweit der Hohenbewohner tatsächlich nicht bloß funktionell sondern auch somatisch vom Tieflander abweicht ob Längen und Gewichtsindizes differieren — Unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht sind durchaus lückenhaft. Selbst relativ

einige Fragen wie u. a. nach der Schwangerschaftsdauer erscheinen noch offen. Ist die Immunität des Eingeborenen in der Tat eine kongenitale derart, daß der biologische Schutzapparat bereits während der Entwicklung des Fötus angelegt bzw. Schutzstoffe von der Mutter auf das Kind übertragen wurden oder bildet sich die erhöhte Widerstandskraft gegen die relative Sauerstoffarmut der Atmosphäre erst post partum unter den Einflüssen der Umwelt bei körperlicher Betätigung aus? Kann was durch entsprechende Tierexperimente feststellbar wäre unter dem ungewohnten Einflusse von Sauerstoffmangel eine Schädigung der Frucht bzw. der Erbmasse erfolgen? Wie wirkt eine erschwerte Anpassungsperiode auf Gravidität und Deszendenz beim Menschen? Wie gestalten sich typische Immunitätsprozesse in der Höhe und bei Sauerstoffmangel?

Wenn es auch feststeht, daß die Eingeborenen der genannten Hochländer eine bis zu 60 % größere Erythrocytenzahl, einen höheren Hamoglobingehalt (mit einer durchschnittlichen Sauerstoffsättigung des Arterienblutes von 83—86 %) und ein größeres Blutvolumen besitzen als die Menschen im Meeresniveau, so wissen wir von somatischen Differenzen im wesentlichen nur, daß die Andenbewohner mit einer größeren Weite des Brustkorbes mit mehr horizontal verlaufenden Rippen und größerer Vitalkapazität ausgestattet sind. Auch besteht über deren relativ höhere Leistungsfähigkeit kein Zweifel. Es dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, daß außer dem Transportsysteme für den Sauerstoff über auch andere Organe wie die Lunge, das Herz textuelle Unterschiede im Sinne einer echten Hypertrophie beim Hochländer aufweisen und solche vielleicht auch bezüglich des endokrinen Systems bestehen.

Nicht unvermerkt sei mit Rücksicht auf die Ausnutzung der Kraftquellen bei Sauerstoffmangel, daß von nationalen Eigenarten (Anglo Amerikaner) abgesehen, der Tiefländer überwiegend von vegetabilischer (Kohlehydrate der Zerealien), der Bewohner der Hohenlagen von 3000—4000 m von tierischer Nahrung (Eiweißstoffe mit den diesen entsprechenden Vitaminen) lebt, wie dies die natürlichen Verhältnisse bedingen. Immerhin vermag sich auch der Tiefländer vollkommen an diese Hohenregion anzupassen — Bauten wie Tunnel Anlagen in großen Hohen werden besondere Präventivmaßnahmen für die Arbeiter hinsichtlich ihrer Leistung und Arbeitszeit, sowie eine nähere Feststellung des Nutzeffektes bei möglichster Schonung des Menschen erfordern.

Die Toleranz einzelner *Säugetiergruppen* gegen Sauerstoffmangel ist verschieden wobei Carnivoren empfindlicher zu sein scheinen als die sich von Vegetabilien ernährenden Nagetiere. Auf weitere Einzelheiten — Verhalten der Huftiere der Vogel — kann ich hier nicht eingehen.

Gegenüber dieser im Wege von Anpassungsvorgängen unter entsprechendem Training erworbenen sozusagen wetterfesten Toleranz gegen niedern Sauerstoffdruck und der dieserart gewonnenen muskulären Leistungsfähigkeit im Hohenklima gibt es, wie bemerkt — wenn wir die Begriffsbestimmung in unserm Referatthema auch hierfur beibehalten — eine *absolute Immunität* gegen Sauerstoffmangel durch die *künstliche Respiration dieses Gases* (von einer größeren als dem Meeresniveau entsprechenden Dichte) wodurch restlos auch alle

jene Störungen verhindert und jene Symptome beseitigt werden, die nach der Meinung einzelner Autoren — *C Jakob*, wie auch jüngst *R Bayeux* — aus rein physikalischen bzw mechanischen Gründen bei Verminderung des atmosphärischen Druckes auftreten mußten

Wenn bei richtiger vollwertiger *Sauerstoffatmung* auch die im Körper selbst gebildeten Reize im allgemeinen ausreichend sind, um die Lungenventilation namentlich bei körperlicher Arbeit im Gange zu erhalten, so wird man dem Sauerstoff unter bestimmten Umständen Kohlensäure — praktisch etwa 3 bis 5% — zumischen, um eine ausgiebige Respiration zu erzielen und die Wirksamkeit des Verfahrens zu steigern. Für die protrahierte Anwendung von Sauerstoff als Schutzmittel sowie zur Unterstützung der Leistungsfähigkeit muskulärer Anstrengung (*M Flack* und *L Hill* für Athleten) erscheint im allgemeinen eine Konzentration von 60% bzw auf Atmosphärendruck bezogen von 480 mm Spannung ausreichend und unschädlich, während für zeitlich beschränkte Bedürfnisse bei rascher Dekompression namentlich im Höhenniveau von 8000 m die Respiration von Sauerstoff voller Tension erforderlich ist. Zu diesem Zweck ist es unbedingt notwendig, daß die künstliche Sauerstoffatmung im Wege einer dicht anschließenden, Mund und Nase deckenden Maske erfolgt und dabei, wie schon erwähnt, auch für Belüftung und Erwärmung des Gases Vorsorge getroffen wird. Durch Anwendung einer solchen Mund und Nase deckenden Maske läßt sich im besondern auch Sauerstoffgas und demgemäß Gewicht sparen, indem schon der Zustrom von 2 l Sauerstoff pro Minute eine ganz wesentliche Korrektur der Respirationsluft bedeutet.

Diese willkürlich erzielbare *Immunität* ist aber naturgemäß eine bloß *temporäre*, die ins solange währt, als der durch die Umwelt bedingte Sauerstoffmangel kompensiert wird. Bei bereits vorhandenen Störungen namentlich solchen, die durch muskuläre Überanstrengung entstanden sind, kann die Sauerstoffrespiration nur von beschränktem Nutzen sein. Schon der Schaden, den sie nicht wegschaffen, sondern deren Beseitigung nur erleichtern. Sie wird jedoch auch unter solchen Umständen jene Frischwirkungen ausgleichen, die als unmittelbare Folgen ungenügender Energiezufuhr zu betrachten sind und schon dieserart die reparatorischen Bestrebungen des Organismus fördern. — Ähnliches gilt auch für solche prophylaktische Maßnahmen, welche gemäß einer schon von *J S Haldane* gegebenen Anregung auf chemischem Wege wie durch die Einverleibung *saurer Stoffe* — Ammoniumchlorid, saures Ammonphosphat — der bei Störungen der Anpassungsvorgänge möglichen Alkalose begegnen sollen, indem sie eine Steigerung der Wasserstoffionen Konzentration des Blutes und damit des Sauerstoff Diffusionsdruckes bezwecken. — Daß sich der Aderlaß (schon *E Poeppig* 1836) ohne oder mit folgender Kochsalzinfusion bei Bergkrankheit (namentlich Stauung im kleinen Kreislaufe) nutzbringend erweisen kann, bleibe nicht unvermerkt.

Ich habe versucht, die vorstehend berührten *Beziehungen* in ein *Schema* (Fig 4) zu bringen, wobei ich an jene Darstellung anknüpfen konnte, die von mir bereits vor 25 Jahren zur Klärung der Ätiologie der Bergkrankheit mitgeteilt worden ist. Zur Definierung des Sauerstoffmangels habe ich nunmehr statt der klassischen Be-

zeichnung von *D. Jourdanet*, Anoxyhamie ' den Begriff Anoxybiose gewählt, da dieser dem Zustand der Gewebe besser gerecht wird, auf welchen es ja doch vor allem ankommt. Die graduelle Abstufung ist wieder durch die Unterscheidung von *absolutem* und *relativem Sauerstoffmangel* erfolgt, hinsichtlich dessen auch die Bezeichnung Hypoxybiose gebraucht werden konnte. Diese wird im allgemeinen umso ausgesprochener sein, je tiefer das in Frage kommende Druckniveau ist, so daß die Hypoxybiose in den einzelnen Höhenstufen auch nach erfolgter Anpassung nicht immer die gleiche Valenz besitzt. Was die Anordnung des Schemas betrifft, so bemerke ich hier nur kurz, daß die Dreiecke „Muskulararbeit Ermüdung“ einer und „Sauerstoffmangel“ andererseits keineswegs etwa Intensitätsdreiecke bedeuten, sondern vor allem zum Ausdruck bringen sollen, in welchem Maße diese Faktoren bei fortschreitender Luftverdünnung an dem Zustandekommen der Erscheinungen beteiligt sind.

Im Hinblick auf die tatsächlich bestehende wenn auch nicht immer nachweisbare Wirkung jedweder Veränderung insbesondere der Abnahme des Sauerstoffdruckes auf den Organismus bzw. die Auffassung des *Immunitätsbegriffes* wie ich sie hier vertreten sollte das Dreieck „Sauerstoffmangel“ mit seiner Spitze bis zur Abszisse herabreichen. Ich habe diese jedoch um allgemeiner verständlich zu sein bereits im Höhenniveau von 1500 m enden lassen, da ja in praktischer Richtung vor allem für die klimatische Therapie in Betracht kommt. Dem Einflusse geringerer Differenzen der Sauerstoffspannung kann durch Anbringung eines Pfeiles mit Spitze nach unten noch besonders Rechnung getragen werden.

Die klimatischen Faktoren (Erwärmung und Abkühlungseffekt) die entweder einzeln oder in ihrer Totalität starker hervortreten und die durch erzeugten Reize — auf sensible Nerven Vasomotoren Hautstoffwechsel Gesamtumsatz und Wärmeökonomie — sind vor allem für das Zustandekommen *physiologischer Reaktionsphänomene* maßgebend, sie können aber auch für den Eintritt *pathologischer Erscheinungen* bestimmend sein, sich bei bereits erschwelter Sauerstoffversorgung in größeren Höhen einzelne Komponenten (Kälte Wind Strahlung) starker geltend machen, wenn rascher Wechsel in der Wetterlage erfolgt und die Regulationsmittel des Organismus durch Muskularbeit bereits überlastet sind — Den Schwankungen des elektrischen Potentialgefalles bzw. der gesteigerten Ionisation und Leitfähigkeit der Luft dürfte im allgemeinen ein depressorischer Einfluß zu vindizieren sein. Ob den Sauerstoffverbindungen des atmosphärischen Stickstoffes (Stickoxydul Nitroxyl) eine Bedeutung als auslösender Faktor der Höhenkrankheit zukommt wie jüngst *O. Kestner* sowie *G. Angehr* meinen, müssen erst weitere Feststellungen ergeben — Konstitutionelle und individuelle Momente wie auch temporäre *Disposition* endlich die Schnelligkeit des Aufstieges — auf deren Bedeutung durch Pfeile Rücksicht genommen wurde — können wie mehrfach betont bedeutende Verschiebungen im Verhältnisse von Ursache und Wirkung hervorbringen und damit dem Beginn der *region d'angéreuse* nach auf und abwärts verschieben.

Zweckmäßig werden wir auf Grund der praktischen und experimentellen Erfahrungen als *kritische Grenze* die Höhe von 4500 m (430 mm) und als unbedingt gefährliche Region als Grenze des Lebens, die Höhe von 8500 m (265 mm) annehmen.

Der Bedeutung und dem Grade der *Akklimatisation* habe ich unter Berücksichtigung der jüngsten Erfahrungen durch die Dar

stellung auf der linken Seite des Schemas Ausdruck verliehen, wobei man sich ebenfalls zu vergegenwärtigen hat, daß die Grenzen keine starren sein können, die erzielbaren Grade der Immunität vielmehr Uebergänge und Schwankungen aufweisen müssen. Die Unterscheidung in totale und partielle Immunität kann demnach im wesentlichen nur eine konditionelle sein. Deutlich tritt jedoch die durch die Anpassungsvorgänge bewirkte *Verschiebung des Gebietes der relativen Anoxyhaemie aus dem mittleren Niveau von 4500 in jenes von 6500 also um rund 2000 m hervor während der Beginn der absoluten Anoxyhaemie aus der Höhe von etwa 6500 m auf jene von 8500 m verlegt wird*. Annähernd totale Immunität charakterisiert die untere, ausgesprochen partielle die obere Stufe deren Grenze nicht mehr zu überschreiten ist.

Wenn ich hiebei, was vielleicht zu weit gegriffen erscheint den Begriff *totale Immunität* bis in die Höhenzone von 6000 m ausgedehnt habe so ist dies wie nochmals bemerkt mit Bezug auf mittlere Leistungsfähigkeit nicht auf Maximalanforderungen im besonderen aber unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Mount Everest Expedition geschehen welche lehren daß die Teilnehmer in dieser Zone dank der in der Tat allmählichen Anpassung selbst anstrengende Steigarbeit ohne wesentliche Behinderung vollbringen konnten.

Es versteht sich daß das gegebene *Schema* nur den Wert einer *im allgemeinen gültigen Darstellung der Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung* geben kann um den Zustand des Organismus und jene Hilfsmittel zu charakterisieren, die demselben zu Gebote stehen um die chronischen Schädigungen des Sauerstoffmangels auszugleichen und das Leben auf den Hochplateaux der Erde möglich zu machen — Ich glaube, daß man in der Tat sagen darf, daß die Grundlagen der *Pathogenese der Höhenkrankheit* heute über allem Zweifel sichergestellt und ihre Ursachen viel klarer erkennbar sind als dies für so viele Fragen im Bereiche der übrigen Pathologie der Fall ist.

Der *Sauerstoff* ist, wie dies zuerst der Genus eines *A. L. Lavoisier* erkannte, der Erhalter des Lebens auf der Erde, gegen dessen Mangel es eine absolute Immunität nicht geben kann. Der Organismus von Tier und Pflanzen vermag sich gemäß der besondern Differenzierung seiner Protoplasmastruktur immer nur innerhalb bestimmter, wenn auch relativ weiter Grenzen, zur Wehre zu setzen — Die Witterungsreize wirken nicht unmittelbar. Die zur Erwerbung der Immunität gegen ein Klima notwendigen Anpassungsvorgänge bilden u. a. das Therapeutikum gegen die Tuberkulose. Dies gilt namentlich auch für das durch verminderten Sauerstoffdruck besonders getonte Höhenklima. Die Veränderung der Umwelt auch in sozialer Richtung ergänzt im seelischen Wege den Heilungsprozeß.

4 KLINISCH-THERAPEUTISCHE ABTEILUNG

Zur Geschichte der Klimatotherapie

Von Priv Doz G A Wehrh Zurich

Wie kaum ein anderer Zweig der medizinischen Therapie zeigt die Klimatotherapie eine Gebundenheit an den historischen Werdegang der Heilkunde im ganzen und speziell noch eine große Abhängigkeit von der Entwicklung verschiedenster Hilfswissenschaften, wie dies ja für den Aufschwung der modernen Medizin überhaupt charakteristisch ist. Ich begrüße es daher außerordentlich, daß die Veranstalter dieser internationalen Tagung auch dem Historiker der Medizin Gelegenheit geben, sich zu äußern, auch wenn er damit nicht direkt Bausteine liefert zur Lösung der ersten Probleme, die die hier versammelten Vertreter des wissenschaftlichen Fortschrittes in erster Linie interessieren. Wir Historiker sind uns aber doch bewußt, daß auch wir praktisch nützliche Arbeit leisten dadurch, daß wir ganz allgemein zur völligen Erfassung einer Disziplin beitragen, denn daß dafür die Kenntnis des historischen Werdeganges eine nicht unwesentliche Rolle spielt, dürfte doch einleuchtend sein.

Zur Geschichte der Klimatotherapie nun übergehend, möchte ich zusammenfassend vorausschicken, daß von alters her klimatische Heilfaktoren im Gebrauche standen. Ihre Wirksamkeit und ihre fundamentale Bedeutung wurden aber im Altertum mehr nur geahnt, als wirklich erkannt. Das Mittelalter vollends und die ersten Jahrhunderte der Neuzeit scheinen überhaupt nicht mehr bewußt Klimatotherapie getrieben zu haben, wohl aber in vermehrtem Maße indirekt als Beigabe anderer Heilverfahren. Erst die jüngst vergangenen Jahrzehnte bringen die Erhebung der Klimatotherapie zur Selbständigkeit, zum gesuchten und geschätzten Heilverfahren, das nun in seiner Dreifachheit als südliches Klima, als Seeklima und als Höhenkur zum unentbehrlichen Rüstzeug jedes Arztes geworden ist.

Der primitive Mensch nun ist den verschiedensten klimatischen Einflüssen gegenüber in erster Linie vom Standpunkt der Furcht eingestellt. Ihm, der im tagtäglichen Kampf mit Wind, Regen, Kalte und Hitze steht und in steter Furcht vor zerstörenden Naturgewalten dem Boden seinen dürftigen Lebensunterhalt abgewinnt, ist es sicherlich nicht zu verargen, wenn er in den verschiedenen klimatischen Faktoren in erster Linie böse Einflüsse wittert. So ist denn die Sagen

welt unseres Volkes durchwoben von Geister und Damonengeschichten, die sich an Naturereignisse anschließen, von denen nur die Winde bestimmter Oertlichkeiten als Geisterzuge, die Nebel und Wolken als der Sitz unheimlicher Dämonen, Bergspitzen und Gletscher als Wohnstätte armer Seelen als Beispiele angeführt sein mögen. Und wenn wir nach dem Süden unsern Blick wenden, so begegnen uns dort die Sonnenstrahlen als Pest und Unheilbringer.

Es ist nun außerordentlich interessant zu sehen, wie bei Hippokrates dem Vater der wissenschaftlichen Medizin und dem Begründer der Klimatologie im speziellen — er lebte im 5. vorchristl. Jahrhundert — die für die Primitiven charakteristische Einstellung auch für ihn noch weiterbesteht, insofern auch er vorzüglich auf die Herauscheidung der schädigenden Momente in den verschiedenen Klimaten ausgeht. Hippokrates hat eine eigene Schrift verfaßt mit dem Titel Ueber Luft, Wasser und Oertlichkeit, und er bemüht sich darin in erster Linie Feststellungen zu machen über den Einfluß der klimatischen Bedingungen auf Entstehung, Art und Verlauf der Krankheiten. Er schildert in beängstigender Ausführlichkeit die vielen Krankheiten, von denen die Bewohner einer Stadt befallen werden müssen, wenn ihr Wohnort warmen Winden ausgesetzt sei. Nicht minder groß ist die Liste der Krankheiten in einer von diesen Südwinden verschonten Stadt. Die Hippokrates im folgenden Kapitel aufzählt. Dann kommt die Schilderung der krankmachenden Wirkungen des Wassers an die Reihe und so geht das weiter. Von der Verwendung klimatischer Kuren zu therapeutischen Zwecken ist über in der hippokratischen Schriftensammlung mit Ausnahme einer einzigen Bemerkung — bei langwierigen Krankheiten ist es gut, den Ort zu verändern — nichts zu finden. Diese Kuren werden wohl in der damaligen Zeit noch keine größere Bedeutung gehabt haben.

Man behandelte aber doch schon seit langer Zeit klimatisch. Das zeigt außer der eben angeführten Bemerkung auch die Anlage der Asklepieien, der Wunderkurorte und Wallfahrtsstätten des Altertums über deren gesundheitlich vorteilhafte Lage an erhöhten Orten in klimatisch bevorzugter Gegend die neuern Erforscher derselben nicht genug rühmen können, indem sie dieselben direkt in Parallele mit modernen Sanatorien stellen. Auch die nachhippokratischen Schriftsteller der Medizin bringen immer wieder kurze Andeutungen von klimatherapeutischen Maßnahmen, von denen uns die Empfehlung von Klimawechsel und Seereisen oder der Aufenthalt in Nadelholzwäldern zur Behandlung der Phthisis wie wir sie bei Celsus und Plinius finden, ganz besonders interessieren. Bei Aretaeus sodann finden wir das ganze klimatherapeutische Rüstzeug empfohlen, außer den bereits genannten Kuren Reisen aus kalten Ortschaften in wärmere, aus feuchten in trockene, Aufenthalt an der Seeküste, Meerwasser und Sandbäder.

Vollends gibt uns der zweite große Arzt der Antike Galen — er lebte von 130—200 n. Chr. — weitgehende Beschreibungen clima-

tischer Heilfaktoren Galen ist es denn auch gewesen, bei dem sich die Klimatotherapie zum erstenmal zu einer Höhenlufttherapie differenziert, indem er deutlich den Gebirgsaufenthalt zur Behandlung der Phthisis verlangt. Besonders eingehend mit Krankengeschichten schildert Galen die Milchkur in Tabia, am Meerbusen zwischen Sorrent und Neapel und dessen Erfolge in der Behandlung von Schwindsüchtigen. Weiter ruht er den Aufenthalt in trockenen hochgelegenen Orten Aegyptens und Lybiens, Land- und Seereisen, Wechsel der Gegend resp. Luftveränderung. Typisch ist auch die Einstellung Galens zu den Winden, über die er folgendes sagt: „Besser ist der von einem großen Meer herkommende Wind, der Gute nachfolgt, der, von den Bergen her weht, es ist offenbar, daß die hochgelegenen Orte, welche von allen Seiten durchweht sind und für die Winde kein Hindernis bieten, auch die besser ventilierten sind und daß deshalb die dortigen Bewohner ihr Leben fast ganz gesund hinbringen.“ Wir sehen eine vollständige Umstellung gegenüber der Gedankenrichtung des Hippokrates. Nicht mehr die schädigenden Einflüsse des Klimas stehen im Vordergrund der Betrachtung, sondern dessen therapeutische Verwendung. Die Klimatotherapie in ihren wesentlichen Grundzügen ist geschaffen.

Wie in so vielen andern Gebieten, so hat auch hier der Verfall der antiken Kultur eine weitere Entfaltung verunmöglicht. Die mittelalterlichen medizinischen Schriftsteller machen nur vereinzelte klimatotherapeutische Angaben, die niemals über das in der Antike Gebotene hinausgehen. Dagegen erlangt das im Altertum nur wenig gepflegte Mineralbad ungeahnte Beliebtheit. Durch religiös-kultische Vorschriften und Anschauungen befördert, durch das natürliche Bedürfnis des Menschen nach Körperreinlichkeit und Körperkultur stets aufrecht erhalten und durch die weitgehende Befriedigung menschlicher Genußsucht in verschiedenster Richtung ist das mittelalterliche Badewesen überhaupt zu einem gewichtigen Lebensfaktor geworden, über dessen Bedeutung ich Sie hier nicht weiter aufzuklären brauche. Was uns aber in diesem Zusammenhang ganz besonders interessiert ist, die Tatsache, daß das seit dem Mittelalter von Jahrhundert zu Jahrhundert immer stärker kultivierte Mineralbad der zunächst unbewußte aber machtigste Schrittmacher der modernen Klimatotherapie geworden ist, ohne den wir zweifellos erst im Anfange der so mächtigen Bewegung stehen würden. Es genügt darauf hinzuweisen, wie der Großteil der alten klimatischen Kurorte mit Einschluss des herrlichen St. Moritz als Mineralbäder ihren Siegeslauf begonnen haben und wie man im Bestreben, alle die chemisch wirksamen Substanzen im Wasser der an den verschiedensten Orten aus der Erde emporsteigenden Quellen für die leidende Menschheit nutzbar zu machen, überall auf dem Lande, vorzüglich aber im quellenreichen Gebirge, zahlreiche klimatische Kurorte geschaffen hat.

In ganz gleichem Sinne wirkte die im 18. Jahrhundert auftauchende Bewegung für Milch und Molkenkuren die uns die prächtigen klimatischen Kurorte des Appenzellerlandes z. B. geschenkt hat.

Das war also zum größten Teil unbewußt ausgeübte Klimatherapie. Vollends haben dann die großen Umwälzungen in der Medizin die Zugrundelegung der pathologischen Anatomie für das gesamte medizinische Denken und die daraus resultierende Einsicht in die gewaltige Ueberschätzung der bisher fast ausschließlich medikamentösen Therapie die Wege geebnet für die Wertschätzung physikalischer Heilmethoden und klimatischer Kuren.

Es gibt auch außerhalb der Heilkunde stehende Bewegungen, die der modernen Klimatherapie zu ihrem Aufschwung verholfen haben, und hier ist in erster Linie des naturwissenschaftlichen künstlerischen und sportlichen Interesse für die Alpen zu gedenken. Den alten Griechen und Römern war bekanntlich die großartige Schönheit der Alpenwelt völlig verschlossen geblieben. Sie kannten nur das Grauen vor den sich ablosenden Eismassen, welche ganze Krawauer in dunkle Abgründe stürzen vor furchtbaren Stürmen welche die Höhen umrausen und vor zahlreichen Räubern denen die unzugänglichen Täler sichere Verstecke bieten wie das Strabo so anschaulich schildert. Für die Stellung der Alpenbewohner selbst ihren Gegnern gegenüber ist die Pilatussage typisch. Hier ruft der im dortigen Bergsee sich aufhaltende böse Geist des biblischen Statthalters fort während Stürme und Gewitter hervor und stürzt Hirten und Herden in den Abgrund, bis ein fahrender Schüler endlich ihn beschwört. Aber auch dann noch verlangt er alljährlich seine Opfer und wenn je jemand den Geist neckte, wenn man in der Nähe des Sees larmte und schrie Steine, Holz oder irgend etwas in das Wasser warf oder mit einem Stock darin ruhete so zogen sich sogleich drohende Wolken um den Berg zusammen und mit Donner und Blitz brach das furchterlichste Unwetter los so daß die Luzerner Regierung das Betreten der betreffenden Gegend verbieten mußte. Noch im Jahre 1705 konnte in Rostock eine Arbeit gedruckt werden, in welcher der Abscheu vor den furchterlichen Bergen auch auf die Alpenluft und deren Bewohner übertragen und behauptet wird, daß die Schweizerluft wie diejenige in den Tyroler und Karntheneralpen wegen ihrer Ungesundheit und Grobheit die Gemüter der Bevölkerung ganz dumm mache. Daher rühre bei den Schweizern das Heimweh weil sie in der Fremde eine gesunde und reine Luft nicht vertragen konnten.

Eine Bresche in diese Vorurteile war aber schon längst geschlagen. Bereits im 16. Jahrhundert hatten Bergbesteigungen zu wissenschaftlichen Zwecken durch unsere großen Naturforscher begonnen. Es ist zweifellos daß Leonardo da Vinci vom Jahre 1511 an zahlreiche Touren in den Alpen gemacht hat 1555 bestaunt Konrad Gesner den Pilatus und erklärt die Pilatussage als Aberglauben und schon im Jahre 1540 nimmt er sich vor alle Jahre wenigstens einen Berg zu erklimmen nicht nur zur Erweiterung seiner naturwissenschaft

lichen Kenntnisse, sondern er erfreut sich auch an der weiten Aussicht, an der Mannigfaltigkeit der Bergformationen und diese Besteigungen starken nicht nur seinen Körper, wie er sich ausdrückt, sondern sie gewahren seinem Geiste die edelste Erholung. Noch verdienter um die Erforschung der Alpen machte sich ein zweiter Zürcher Naturforscher und Arzt, J. J. Scheuchzer (1672—1733), und der größte Lobpreiser ist den Alpen in Albrecht Haller erwachsen, durch dessen Gedicht, „die Alpen“, die Verherrlichung der Gebirgswelt in kurzem Zeitraum zum Gemeingut der ganzen zivilisierten Menschheit werden sollte. Nicht wenig trugen dazu bei die Ideen J. J. Rousseaus von der Rückkehr des Menschen zu einfachen natürlichen Verhältnissen und so sehen wir denn, wie seit der Mitte des 18. Jahrhunderts die ersten Vergnugungsreisenden in der Schweiz sich einfanden. Es ist dies der Beginn des heute so mächtig angewachsenen Fremdenverkehrs. Der Bann ist gefallen, die Augen geöffnet und die Bereitschaft geschaffen für alles Gute und Schöne, das uns die Gebirgswelt bietet. Der Sportgeist setzte ein und auch er hat der Klimatotherapie wertvolle Vorarbeit geleistet dadurch, daß er zeigte, wie auch Winteraufenthalte im Hochgebirge keine Verwehungen sind, sondern umgekehrt von unschätzbarem Wert für Seele und Körper und vor allem auch für den kranken Menschen.

Ich habe bis dahin in fragmentarischer Uebersicht einige der wichtigsten historischen Momente vorgeführt, die zu einer ausgedehnteren Verwendung klimatischer Faktoren zu Heilzwecken hinführen. Das wichtigste über und die Krönung aller dieser Strebungen habe ich Ihnen vorenthalten. Das ist die seit einigen Jahrzehnten einsetzende naturwissenschaftliche Ergründung der klimatischen Heilfaktoren, die Erhebung der Klimatotherapie zur selbständigen Wissenschaft, ohne die wir nur erst auf der bereits von Galen im Altertum erreichten Stufe stehen geblieben waren. Es ist dies eine nicht hoch genug zu wertende Erscheinung und um so interessanter und lehrreicher als der Weg dazu über die Entwicklung der Naturwissenschaften geht, vor allem natürlich über die Entfaltung der Klimatologie, die in erster Linie das Verdienst Alexander von Humboldts ist. Daß bei diesem großen Manne die Pflanzengeographie, die er ja eigentlich erst geschaffen hat, im Mittelpunkt des Interesses steht, freut uns um so mehr, als auch zu diesem Kongreß die Herren Botaniker hinzugezogen worden sind. Sie zählen uns damit das zurück, was die Aerzte der Renaissance einst als Begründer und Vater der Botanik, wie sie gemeinhin genannt werden, für ihr Fach geleistet haben. Die Arbeit der Meteorologen wird nun zur wichtigsten Stütze für die Klimatotherapie. Aber auch die Mediziner gehen zur experimentellen, streng wissenschaftlichen Erforschung des Einflusses der einzelnen klimatischen Faktoren auf den menschlichen und tierischen Körper über. Unter ihnen möge der Franzose Paul Bert mit seinem 1878 erschienenen grundlegenden Werke *La pression barometrique, Recherches de Physiologie experimentale* als einer der ersten ruh-

mend hervorgehoben sein. Die Fortschritte der Technik, der Physik und Chemie gestatten die Anwendung immer zahlreicherer messender und wagender Apparate und die fortschreitende Ausschaltung der subjektiven Meinung und des intuitiven Urteils. Der Einfluß der verdünnten Luft auf den menschlichen Organismus wird studiert. Stoffwechselversuche werden angestellt, die Vermehrung der roten Blutkörperchen im Hochgebirge konstatiert. Die Erkenntnis der chemischen Wirkung der ultravioletten Strahlen und der intensiveren Wirksamkeit der Hochgebirgssonne führt zur Sonnenlichtbehandlung chirurgischer Krankheiten, wie sie durch die Namen von Bernhard und Rollier genügend charakterisiert erscheinen.

Mit all den angedeuteten Gesichtspunkten stehen wir mitten in den aktuellen Fragen der gegenwertigen wissenschaftlichen Forschung drin. Sie zeigen Ihnen, wie jung die ganze Wissenschaft der Klimatherapie ist. Ja, wenn wir genauer hinsehen, so erfahren wir, daß durch Brehmer erst in Gorbardsdorf, er lebte von 1826 bis 1889, seit 1857 die Hohenlufttherapie und die Sanatoriumsbehandlung so eigentlich inaugurirt wurden, daß Brehmer selbst noch, offenbar unter dem Einfluß der bisherigen Behandlungsweise, zwar nicht eine Mineralquelle neben den klimatischen Heilfaktoren in Anwendung brachte, wohl aber hydrotherapeutische Prozeduren. Diese wurden dann auch in das durch Spengler als Lungenkurort emporgebrachte Davos eingeführt, indem auch hier alle Patienten unter die Douche gebracht wurden und sich kalte Abreibungen machen lassen mußten. Interessant ist übrigens, wie zahlreiche Kurgäste von Gorbardsdorf nach dem klimatisch weit günstiger gelegenen Davos übersiedelten und zur so rapiden Entfaltung dieses Kurortes beitrugen. Die erste Entdeckung aber des gesundheitlich so einzigartigen Klimas von Davos und die erste Errichtung einer Anstalt zur Heilung von skrophulösen Kindern daselbst, liegt im Gegensatz zu den in der Literatur darüber gemachten Angaben vor der Gründung von Gorbardsdorf. Sie sind das Verdienst des damaligen Landschaftsarztes Dr. Rudi, dem vor allem das Fehlen skrophulöser und tuberkulöser Erkrankungen an der einheimischen Bevölkerung auffiel. Wenn aber Davoser auswanderten und mit der Skrophelkrankheit oder mit der Phthisis behaftet nach der Heimat zurückkehrten, berichtet er, so waren daselbst die merkwürdigsten Naturheilungen in unglaublich kurzer Zeit, und zwar in allen Stadien und Formen, bloß unter dem Einfluß der Veränderung und Verbesserung klimatischer und diätetischer Verhältnisse erfolgt. Diese Beobachtungen veranlaßten Rudi zur Errichtung der bereits angeführten Anstalt im Jahre 1841, in der er damals 12 Kranke aufnehmen konnte, später deren 20. Die Behandlung war eine vorzüglich diätetisch robortierende mit starker Bevorzugung der Milchnahrung. Die schwächlichen Kinder wurden dazu ins Freie getragen, um ihren Tagesschlaf in freier Luft zuzubringen, wobei man sie durch Bedecken mit einem weißen Tuch vor den Sonnenstrahlen schützte.

Der gewaltige Unterschied zwischen den damaligen primitiven Anfängen und dem heutigen Großbetrieb ist eklatant. Wir haben allen Anlaß Davos zu seiner erstaunlichen Entwicklung zu gratulieren und vor allem müssen wir anerkennend hervorheben, wie Davos die Forschung durch streng wissenschaftliche Arbeit als Selbstzweck sich zum Ziele gesetzt hat wofür nicht zuletzt die Veranstaltung dieser internationalen Tagung und die Gründung des Institutes für Hochgebirgsphysiologie und Tuberkuloseforschung ein glanzendes Zeugnis sind.

Literatur

Man vergleiche vor allem den historischen Ueberblick in *Zuntz* und *Loewy* Hohenklimate und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen 1906 Seite 33 und 34 sind zahlreiche weitere Quellen angegeben — *Pagel* im Handbuch der physikalischen Therapie von *Goldscheider* und *Jacob* Leipzig 1901 Bd 1 — *Frey Jacob* Die Alpen im Lichte verschiedener Zeitalter Berlin 1877 — *Meyer Ahrens* Kurze Mitteilung über das Klima des Davosertals im Kanton Graubünden dessen Heilsamkeit gegen Skrophulosis und die von Dr. *Ruedi* gegründete Anstalt zur Heilung skrophulöser Krankheitsformen Schweiz Zschr f Med Chir und Gebh 1845

Physiologische und therapeutische Wirkungen des künstlichen Lichts

Von *Carl Sonne* Kopenhagen

Wenn man in der Lichttherapie vom „Licht“ im allgemeinen spricht, meint man hiermit nicht allein die sichtbaren, leuchtenden Strahlen, sondern auch die unsichtbaren, ultravioletten Strahlen, dahingegen pflegt man eine Bestrahlung mit ultraroten Strahlen nicht Lichtbehandlung zu nennen, das ist eine reine Wärmebehandlung.

Welche spezifischen Wirkungen dieser sogenannten Lichtstrahlen auf den tierischen Organismus kennen wir nun? Als spezifisch sehen wir hier die Wirkungen an, die über die durch eine bloße Bestrahlung mit dunklen Wärmestrahlen erzielten hinausgehen. Zweifellos wirkt der überwiegende Teil der Energie, die das Licht uns zusenden kann, durch Umbildung in Wärme. Um was es sich bei der Lichtbestrahlung handeln kann ist 1. ob außerdem noch andere Wirkungen vorhanden sind, und 2. ob diese Wärmeeinwirkung möglicherweise von besonderer Art ist.

Bevor ich auf eine Beantwortung dieser Frage näher eingehe, will ich ganz kurz zwei zweifellos spezifische Lichtwirkungen besprechen, die besonders die mehr kurzwelligen Strahlen, die blauen und ultravioletten, lebenden Zellen und tierischen Organismen im allgemeinen gegenüber haben. Ich denke hierbei an die Fähigkeit dieser Strahlen, Bakterien zu töten, eine Eigenschaft, die von der allergrößten hygienischen Bedeutung ist, sowie an ihre besondere Fähigkeit, Hauterythem hervorzurufen, was besonders im Zusammenhang mit der Lichtwirkung auf die Zirkulationsorgane von Interesse ist. Die Blutdrucksenkung nach dem universellen Lichtbad, die verschiedene Autoren beobachtet zu haben glauben, kann wahrscheinlich auf rein mechanische Weise durch die länger dauernde Hautkapillardilatation nach dem Lichtbad erklärt werden.

Wie die Verhältnisse augenblicklich liegen, wo wir in Wirklichkeit übrigens so wenig von dem feinem Mechanismus bei der Lichtwirkung in der Therapie kennen, ist es, glaube ich, am zweckmäßigsten mit der Besprechung der Krankheiten zu beginnen, die sich

zweifelloß als für die Lichtbehandlung zugänglich erwiesen haben. Indem wir so einige feste Anhaltspunkte haben, von denen wir aus gehen können, werden wir vermutlich am leichtesten vermeiden all zusehr in unfruchtbare Spekulationen zu geraten.

Das künstliche Licht hat eine absolut sichere Wirkung auf die Rachitis, sowohl auf die spontane menschliche Rachitis wie auf die experimentelle Tierrachitis, auf die mit der Rachitis sicher verwandte Tetanie hat das Licht gleichfalls eine vorteilhafte Wirkung. Ferner wissen wir, daß das Licht bei gewissen Formen von Tuberkulose heilend wirkt, nämlich besonders bei der sogenannten chirurgischen Tuberkulose. Wenn man von der allerdings wesentlich psychischen Wirkung des künstlichen Lichtes auf eine Reihe verschiedener neurasthenischer Leiden absieht, ist es die Lichtwirkung gegenüber diesen Krankheiten, der Rachitis mit der Tetanie und der chirurgischen Tuberkulose auf die wir im wesentlichen unsere Betrachtungen basieren müssen. Auf die wahrscheinliche Wirkung des Lichtes bei verschiedenen andern Krankheiten wie Diabetes und Arthritis urica will ich später zurückkommen.

Da springt uns nun hier sofort eine Tatsache in die Augen, die Rachitis ist durch eine vielfach schwachere Bestrahlung als die chirurgische Tuberkulose sehr wirksam zu beeinflussen. Kinder mit Rachitis können im Laufe ganz kurzer Zeit mit Hilfe weniger Minuten langer, taglicher Bestrahlung mit einer Quecksilberquarzlampe oder einer Kohlenbogenlampe geheilt werden, während man erst durch mehrere Stunden lange Bestrahlung, täglich oder jeden Uebertag Monate hindurch fortgesetzt, eine Wirkung gegenüber der Tuberkulose zu sehen erwarten kann. Ferner bei Rachitis wissen wir mit Sicherheit, daß die ultravioletten Strahlen hier die wirksamen sind, bei der Tuberkulose wissen wir noch nichts mit Sicherheit darüber, welche Strahlen hier die wirksamen sind, oder ob es vielleicht die Kombination sowohl der sichtbaren als auch der ultravioletten Strahlen ist, die wirkt.

Die Wirkung bei der Rachitis ist im großen ganzen überhaupt die für die Untersuchung am leichtesten zugänglich gewesene. Wir wissen, daß es die ultravioletten Strahlen zwischen $400\text{ }\mu\mu$ und $280\text{ }\mu\mu$ sind, die bei experimenteller Rachitis wirken. So sahen wir in unserm Laboratorium, daß Strahlen, die durch Uviolglas gehen, das die äußersten ultravioletten Strahlen von $280\text{ }\mu\mu$ und weiter fort schafft, ebenso gute Wirkung wie das ganze Spektrum haben. schafft man alle ultravioletten Strahlen z. B. mit einem Chininsulfatfilter fort, so bekommt man dagegen keine Wirkung. Die leuchtenden Strahlen allein sind also der Rachitis gegenüber ganz wirkungslos.

Wie von vielen Seiten zuerst von *Heß* und *Unger* in Amerika gezeigt erhält man bei Lichtbehandlung der Rachitis eine Steigerung des anorganischen Phosphors im Serum während diese Phosphorfraktion während der Krankheit unter die Norm herabgesetzt ist gleichzeitig schwinden die anatomischen Krankheitszeichen. Wir haben über diese Verhältnisse verschiedene Untersuchungen in unserm Laboratorium gemacht. Es hat sich

dabei gezeigt daß diese Wirkung der ultravioletten Strahlen die anorganische Phosphormenge oder richtiger die saurelosliche Phosphorfraction im Serum zum Steigen bringen zu können daß diese Wirkung nicht nur für Rachitis oder für Krankheiten eigentümlich ist wo die Menge dieser Phosphorfraction herabgesetzt ist. So konnten wir bei normalen Kaninchen zirka 1½ Stunden nach einem Lichtbad konstant eine Steigerung der vorher normalen saureloslichen Phosphormenge im Serum nachweisen und dies sowohl bei jungen als auch bei ausgewachsenen Tieren. Bei einem jungen Tier haben wir so eine Steigerung von 58 mgr % bis zu 83 mgr % und bei einem ausgewachsenen von 39 bis zu 51 mgr % gesehen. Wir haben viele Versuche gemacht um festzustellen worin die direkte Ursache hierfür liegt aber wir sind noch zu keinem Resultat gekommen. Es ist eine allgemeine Annahme daß die Phosphatide die organischen Phosphorlipide vom Licht sehr leicht beeinflußbar sind. Wir haben jedoch keine Anhaltspunkte dafür finden können daß das Licht bei Bestrahlung organischen Gewebes wie Haut oder Blut anorganische Phosphorverbindungen davon abspaltet.

Rattenjunge auf Mc Collum's Diät Nr 3143

Vor der Behandlung (2×4 Tage)				Während der Behandlung (3×4 Tage)				
Ratte	Zunahme vom Körpergewicht pr Tag	Retention v Phosphor und Calcium (mgr)		Behandlung	Zunahme vom Körpergewicht pr Tag	Retention v Phosphor und Calcium (mgr)		
		pr Tag	pr 1 gr Körpergewicht			pr Tag	pr 1 gr Körpergewicht	
1	10	P 30 Ca 44	P 30 Ca 44	keine	10	P 31 Ca 39	P 31 Ca 39	fluoride Rachitis
2	18	P 68 Ca 81	P 39 Ca 46	keine	14	P 56 Ca 46	P 39 Ca 32	fluoride Rachitis
3	06	P 25 Ca 51	P 40 Ca 82	Bestrahl m Hohensonne	08	P 73 Ca 90	P 97 Ca 120	geheilt
4	13	P 43 Ca 91	P 34 Ca 73	Bestrahl m Hohensonne	06	P 62 Ca 110	P 106 Ca 189	geheilt
5	10	P 48 Ca 71	P 48 Ca 71	Lebertran	05	P 48 Ca 81	P 95 Ca 162	geheilt
6	09	P 45 Ca 104	P 51 Ca 119	Lebertran	04	P 31 Ca 36	P 74 Ca 86	geheilt

Die Ausscheidung von Phosphor und Calcium wurde sowohl im Urin als auch in Fäces untersucht und es wurde gefunden daß die Retention in einer Verkleinerung der Ausscheidung im Darm bestand.

Daß die vermehrte Phosphormenge im Organismus in den licht behandelten Rachitisfällen in letzter Instanz von einer erhöhten Phosphoraufnahme vom Darm herkommt, hat mein Assistent, Dr Schultzer dagegen durch eine längere Reihe von Mineralstoffwechselversuchen an Ratten nachweisen können, er hat durch sie eine Mitteilung aus der Schule von Baltimore bestätigt, wo man an einigen rachitischen Kindern etwas Ähnliches gesehen hat. Wenn Ratten Rachitis bekommen, und weil die Kost zu wenig Phosphor enthält und sie dann durch Bestrahlung geheilt werden, zeigt es sich daß

sie infolge der Behandlung in den Stand gesetzt sind, weit mehr Phosphor vom Darm aufzunehmen aus der kleinen Menge, die da vorhanden ist, sie sind mit andern Worten in den Stand gesetzt worden, den Phosphorgehalt der Nahrung in weit effektiverer Weise als vor der Bestrahlung auszunutzen. Ganz ähnliche Verhältnisse gelten übrigens auch für Kalzium. Beruht die Rachitis auf einem Kalkmangel in der Kost, dann wird eine Lichtbehandlung die Fähigkeit des Organismus erhöhen können in höherem Grad als vorher den Kalkgehalt der Nahrung auszunutzen und dadurch eventuell die Rachitis zu beheben.

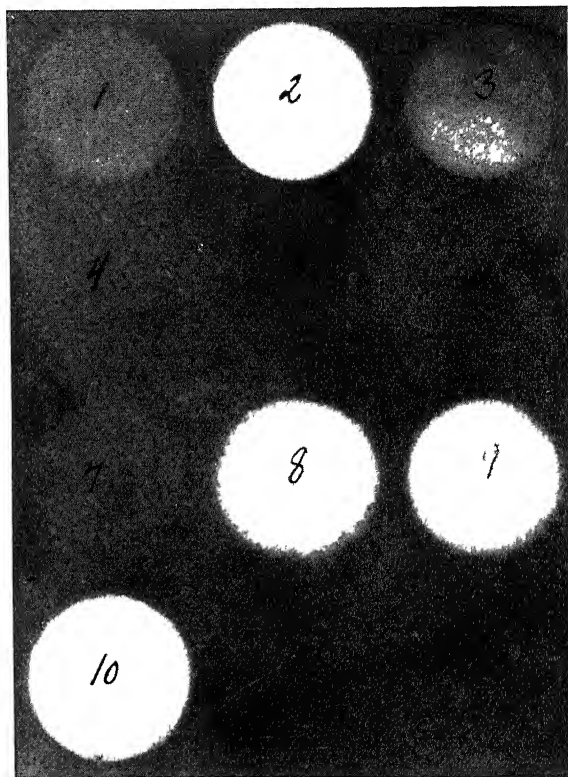
Sie sehen hier ein Extrakt von einigen dieser Versuche.

Wie der feinere Mechanismus bei diesen eigentümlichen Verhältnissen in Wirklichkeit ist, dem haben wir wie erwähnt bei der direkten Bestrahlung von Organen oder Organ-Extrakten nicht auf die Spur kommen können. Dagegen sind in der letzten Zeit einige Beobachtungen publiziert worden, die vielleicht nach und nach zur Klärung der Sachlage mitverhelfen können, wenn auch noch sicher ein langer Weg zurückzulegen ist, bis wir ein volles Verständnis dafür bekommen.

Es ist ja eine ganz bekannte Sache, daß der Lebertran eine entschieden günstige Wirkung bei der Rachitis auch auf die experimentelle Ratte hat. Dr. *Schultzer* hat zeigen können, daß Lebertran per os gegeben auf ganz entsprechende Weise wie das Licht wirkt, nämlich durch Erhöhung der Fähigkeit des Organismus — oder des Darms — den Phosphor oder Kalkgehalt der Nahrung besser auszunutzen. *Stenbock* und *Heß* in Amcaila haben nun in ihren Arbeiten unabhängig von einander zeigen können, daß verschiedene andere organische Öle oder Fettstoffe die vorher nicht die geringste Wirkung bei Rachitis hatten, ganz die gleiche Wirkung wie Lebertran bekommen können, wenn sie einige Zeit ultravioletter Lichtbestrahlung ausgesetzt waren. Schon die Bestrahlung der Nahrung, die das rachitische Individuum zu verzehren bekommt, kann also zur Heilung der Rachitis ausreichen. Das wird auch von *Hume* und *Smith* bestätigt, die beobachtet haben, daß bloße Bestrahlung der Sagespane im Rattenkäfig hinreicht, die Entstehung der Rachitis bei Ratten zu verhüten. *Haxthausen*, der Mitarbeiter am *Finsenschen* Lichtinstitut, war hat nun die eventuelle Strahlung dieser bei Rachitis wirksamen Stoffe untersucht, indem er eine photographische Platte ihrer Einwirkung aussetzte. Es zeigt sich dabei das sehr interessante Phänomen, daß durchweg die wirksamen Stoffe auch die photographische Platte beeinflussen können. Lebertran wird in eine flache Schale ausgegossen, darüber wird eine photographische Platte derart gelegt, daß zwischen Schale und Platte ein Stück schwarzes Papier kommt, in welchem ein Kreuz ausgeschnitten ist. Es erweist sich dann, daß der Lebertran die Platte genau dem Kreuz entsprechend geschwärzt hat. Es bedarf dazu mehrstündiger Exposition. Beleuchtete Öle, die vor der Beleuchtung bei Rachitis nicht wirken, im Gegensatz dazu aber nach der Beleuchtung schwarzen die Platte, und die unbeluchteten tun es nicht usw. In Übereinstimmung mit *Hume* und *Smiths* Versuchen bekommen auch Bäume, besonders die harzreichen Striche an den Bäumen, die ausgesprochene Fähigkeit auf die photographische Platte einzuwirken, nachdem sie ultravioletter Bestrahlung ausgesetzt waren. Worauf diese Beeinflussung der photographischen Platte beruht, ist zum Teil noch eine offene Frage. Eine ultraviolette Strahlung ist laum die Ursache, eine zwischengelegte Quarzplatte hindert die Wirkung, nämlich vollständig, auch kann es sich nicht um Radioaktivität handeln. Lebertran vermag nämlich ein Elektroskop nicht abzulenken, was es ja tun sollte, wenn es sich um eine radioaktive Strahlung handelte. Da es sich somit laum um echte Strahlung handeln kann, jedenfalls nicht von

bisher bekannten Strahlen muß man bis auf weiteres am ehesten an die Erklärung durch Diffusion eines oder anderen Stoffes in Dampfform denken. Es wurde zu weit führen hierauf näher einzugehen aber man muß am ehesten an die Bildung von Superoxyden oder vielleicht an Spaltungsprodukte von Lipoiden oder damit verwandten Stoffen denken die imstande sind die photographische Platte zu beeinflussen.

Es hat sich übrigens gezeigt daß auch andere Autoren ähnliche Beobachtungen ungefähr gleichzeitig gemacht haben.

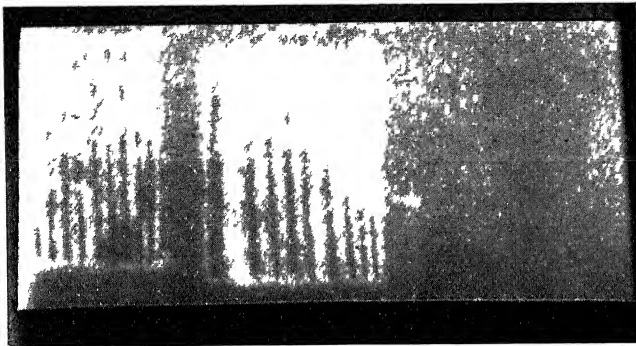


- 1 2 3 Drei verschiedene Sorten Lebertran unbeleuchtet
- 4 5 6 Paraffin Oliven und Sesamol unbeleuchtet
- 7 8 9 Paraffin Oliven und Sesamol in 1 Stunde mit Hohensohn
beleuchtet (20 cm Abstand)
- 10 Derselbe Lebertran wie 3 in 1 Stunde beleuchtet
- 11 12 Unbeleuchtetes und beleuchtetes Wasser

Die interessanteste Beobachtung, die *Haxthausen* gemacht hat, ist jedoch die am menschlichen Hautfett, wenn es bestrahlt wird. Wenn man das Hautfett mit einem Aethertampon abwascht, das Fett mit Aether extrahiert und das auf einer Schale eindampft, wird man

normalerweise keinerlei Wirkung davon auf der photographischen Platte, oder jedenfalls nur eine ganz geringe Wirkung bekommen. Anders mit Hautfett vom Menschen nach der Bestrahlung, das wirkt dann in ausgesprochener Weise auf die Platte.

Natürlich, es fehlt noch Verschiedenes, bevor wir mit Sicherheit sagen können, daß wirklich zwischen dieser photographischen Wirkung und der antirachitischen ein Zusammenhang besteht, aber man muß doch einräumen, daß Verschiedenes schon dafür spricht, daß ein solcher besteht. Die antirachitische Wirkung des Lichtbades konnte danach auf einer Beeinflussung, also einer chemischen Umbildung, Spaltung oder wie man will des oberflächlichen Haut



Die photographische Wirkung von Holz in 1 Stunde mit ultraviolettem Licht beleuchtet rechts beleuchtet links unbeleuchtet

fetts beruhen. Damit wird verstandlich, daß eine äußerst kurze Bestrahlung ausreicht. Wir nähern uns hierdurch einer Theorie für die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf den Organismus, die von *Pincussen* aufgestellt ist.

Pincussen glaubt, daß die direkte Wirkung der ultravioletten Strahlen im wesentlichen eine für alle Lebensprozesse schädliche ist: fermentative Prozesse werden gehemmt und bei geeigneter Bestrahlung der lebenden Zellen sterben diese. Dabei können jedoch äußerst vorteilhafte Wirkungen für den Organismus zutage treten. Wie wir gesehen haben, kann man die Vermutung haben, daß Spaltungs- und Oxydationsprodukte der Lipide die wirksamen Stoffe bei der Rachistherapie sind, und *Pincussen* denkt sich, daß dadurch, daß die Strahlen während des Lichtbades die oberflächlichen Hautzellen toten, Fermente oder ähnliche Stoffe aus diesen Zellen frei werden, Stoffe, die dann in den Organismus aufgenommen werden und diesem zum Vorteil werden können. Ich möchte in dieser Verbindung gleich erwähnen, daß *Pincussen* bei ultravioletter Bestrahlung erhöhten Blutzucker bei Diabetes hat erzielen können und eine erhöhte Hainsäuredekomposition bei Arthritis urica bekam.

Colebrook Hill und *Edinow* haben neulich gezeigt, daß die bakterizide Kraft im Serum nach einem Lichtbad vorübergehend ansteigt. Diese Wirkung kommt nach Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen aber nicht nach Bestrahlung mit leuchtenden Strahlen allein zustande. Dagegen kann die Wirkung nach Bestrahlung mit ultraroten Strahlen eintreten, wenn

diese nur kraftig genug waren eine Verbrennung der Haut zu machen. Man beobachtet hier denn auch das interessante Phänomen, daß die Hautzellen *totenden* Strahlen die wirksamen sind, während die die Hautzellen nicht beschadigenden leuchtenden Strahlen hier ohne Wirkung sind.

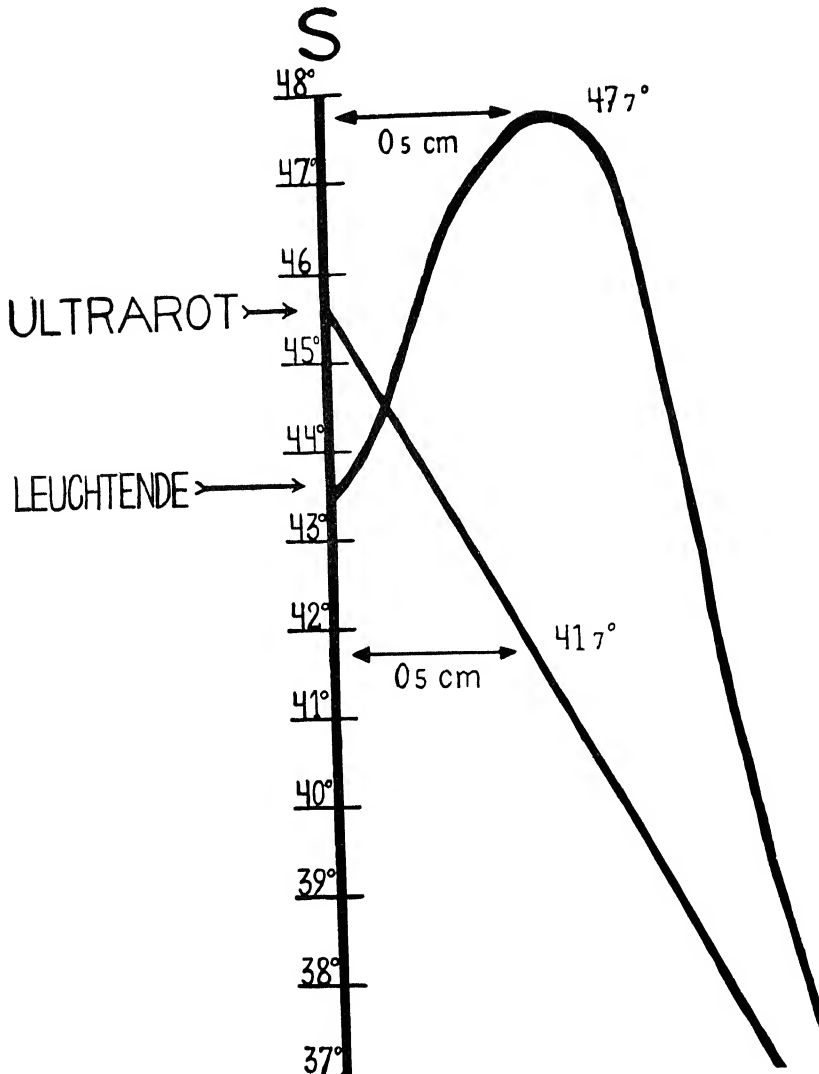
Vorläufig ist die angedeutete Wirkungsart der ultravioletten Strahlen wohl nichts anderes als eine Hypothese, aber es scheint mir, daß wir hier eine Arbeitshypothese haben, die verschiedentlich mehr als die bisher vorgebrachten Theorien verspricht. Aber wie verhält es sich nun mit der Wirkung des Lichtbades bei chirurgischer Tuberkulose? Wie Sie leicht verstehen können, ist diese chronische Krankheit der Experimentierung weit schwerer als die Rachitis, zugleich Ueber die Wirkungsart des künstlichen Lichtes bei Tuberkulose wissen wir auch noch weniger als über die bei Rachitis.

Hier springt nun ein Umstand sofort in die Augen, nämlich, daß das künstliche Licht, das die meisten ultravioletten Strahlen gibt, das Quecksilberquarzlicht, nach Untersuchungen am *Finsen'schen* Lichtinstitut nicht das wirksamste ist. Das Kohlenbogenlicht, das weit mehr sichtbare Strahlen und weit weniger ultraviolette als das Quecksilberquarzlicht enthält, hat entschieden bessere Wirkung. Unter anderm aus diesem Grunde habe ich mich veranlaßt gefühlt, eine Reihe von Untersuchungen darüber vorzunehmen, welche speziellen Wirkungen auf den Organismus man von den leuchtenden Strahlen allein erwarten kann. Ich kann, denke ich, die besondern eigentümlichen physischen Verhältnisse der leuchtenden Strahlen Ihnen am leichtesten an einem kleinen Beispiel anschaulich machen.

Wenn wir uns eine kraftige aus Eis gemachte Sammel Linse denken und wenn wir ausschließlich leuchtende Strahlen durch die Linse hindurch gehen lassen, so schmilzt das Eis nicht, die leuchtenden Strahlen gehen glatt durch das klare Eis ohne hier irgendwie absorbiert zu werden, weshalb auch keine Erwärmung des Eises zustande kommt. Bringt man dagegen in den Brennkörper der Linse einen Gegenstand der die Lichtstrahlen absorbiert, zum Beispiel schwarzes Papier, so wird das Papier warm und brennt an. Dunkle Wärmestrahlen können durch die Eislinse nicht hindurchgehen, das Eis wurde schmelzen und auf die andere Seite des Eises gelangt keine Wärme. Die leuchtenden Wärmestrahlen, die sichtbaren leuchtenden Strahlen sind also ohne selbst geschwächt zu werden imstande ihre Energie, ihre Warmefähigkeit durch klare Medien glatt hindurchzuführen.

Auf den menschlichen Organismus übertragen will das heißen, daß die leuchtenden Wärmestrahlen durch die verhältnismäßig klaren, oberflächlichen Hautzellen gerade hindurch gehen können und ihre Wärme erst in der tiefer liegenden, blutführenden Schicht abzugeben brauchen, wo die Farbe die Lichtenergie absorbiert und sie zu Wärme umbildet. Ich habe über diese Verhältnisse einige Arbeiten veröffentlicht, in denen ich zeigte, daß die Temperatur bei Beleuchtung der Hautoberfläche mit leuchtenden Strahlen so stark, wie man sie nur ertragen kann, in den blutführenden Schichten unter der Haut höher wird als auf der Oberfläche der Haut, das ist ganz anders als bei Bestrahlung mit dunklen Wärmestrahlen, diese werden sofort auf der Oberfläche von der Haut absorbiert, weshalb die Temperatur in

diesem Falle hier am höchsten ist und von hier gleichmäßig in die Tiefe abfällt. Man kann das schematisch mittels folgender Figur darstellen



Die Linie S bedeutet die Hautoberfläche. Bei der stärksten noch ertraglichen Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen bekommt man hier eine Temperatur von zirka 43,5°, während man bei der stärksten noch ertraglichen ultraroten Bestrahlung eine Temperatur von zirka 45,5°

bekommt. Bei ultraroter Bestrahlung fällt dann die Temperatur in der Tiefe gleichmäßig, bei der andern Bestrahlung steigt sie dagegen zu Beginn an, bis sie in einer Tiefe von zirka 0,5 cm nach einer Berechnung eine Höhe von 47,7 ° erreicht hat, und erst von hier an zu fallen beginnt. In den blutführenden Schichten in und unter der Haut können wir also durch Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen ohne uns zu verbrennen, eine Temperatur bekommen, die mehrere Grade über der höchsten jemals gemessenen Fiebertemperatur und ca 6 ° höher als die Temperatur liegt, die wir in der gleichen Tiefe durch Bestrahlung mit der stärksten noch ertraglichen Menge dunkler Warmestrahlen erzielen können. In Übereinstimmung hiermit habe ich denn auch gefunden, daß die Energiemenge, die man durch Bestrahlung mit sichtbaren Strahlen in einer Zeiteinheit absorbieren kann, bedeutend größer ist als die, die man durch ultrarote Bestrahlung absorbieren kann.

Die Beugeseite des Vorderarms verträgt so eine Bestrahlung von 311 Cal pro Quadratzentimeter pro Minute durch sichtbare Strahlen während sie nur 133 Cal bei Bestrahlung mit den gewöhnlichen ultraroten Strahlen verträgt. Zirka 35% der sichtbaren Strahlen werden allerdings von der Haut wieder zurückgeworfen während von den angewandten dunkeln Warmestrahlen keine zurückgeworfen werden, aber selbst wenn man hier mit rechnet werden Sie gleichwohl sehen, daß man ungefähr doppelt soviel Wärme bei Bestrahlung mit leuchtenden Strahlen wie bei Bestrahlung mit gewöhnlichen Warmestrahlen absorbieren kann. Die Strahlenwärme der Sonne die eine vortreffliche Erwärmung des Organismus gibt ist denn auch ganz anders behaglich als die Strahlenwärme eines Kachelofens, die die Oberfläche der Haut brennt und zusammenzieht und nicht so leicht ein allgemeines Wärmegefühl gibt. Wie sie auf dem Diagramm sehen haben die leuchtenden Strahlen also eine spezifische Fähigkeit das Blut in und unter der beleuchteten Haut bis auf einen sehr beträchtlichen Wärmegrad zu erwärmen. Eine solche Bluterwärmung kann nun vermutlich sehr wohl von großer Bedeutung für den Organismus sein, speziell unter gewissen pathologischen Verhältnissen. Ich habe zeigen können, daß rasierte weiße Meerschweinchen denen eine sonst tödliche Dosis Diphtherietoxin injiziert war, das zu überleben imstande sein können, wenn sie im Anschluß an die Injektion ein stündliches Lichtbad mit sichtbaren Warmestrahlen bekommen. Man darf sich denken, daß das auf Destruktion des sehr thermolabilen Toxins durch die absorbierte Lichtwärme beruht. Daß auch die Produktion von Antistoffen durch eine solche Erwärmung des Blutes gefördert werden kann, muß als zweifellos angesehen werden. Die Annahme ist somit verständlich, daß man einem Lichtbad mit sichtbaren Strahlen wirklich eine bedeutende therapeutische Wirkung zuschreiben kann.

Was es für eine Art von Strahlen sind, die gegenüber der chirurgischen Tuberkulose die wirksamen sind, darüber sich mit Sicherheit auszusprechen, ist für den Augenblick nicht möglich. Daß es kaum wie bei der Rachitis die ultraviolett Strahlen allein sein können, die hier wirken, habe ich schon gesagt, möglicherweise wirkt hier eine Kombination beider Arten Strahlen. Eine sehr wichtige Frage ist in diesem Zusammenhang auch, ob es ein thermolabiles Tuberkeltoxin gibt.

Gibt es nämlich ein solches, das mit dem Blut im tuberkulösen Organismus kreist, so wird in Übereinstimmung mit meinen Diphtherietoxin Versuchen eine erhöhte Möglichkeit bestehen die Wirkung des Licht

bades hier mit der Fähigkeit der leuchtenden Strahlen zur Erwärmung des Blutes zu erklären. Man hat bisher ein solches thermolabiles Toxin bei Tuberkulose nicht mit Sicherheit nachweisen können. Deshalb ist jedoch nicht gesagt, daß es ein solches nicht gibt. *Mollgard* hat bei seinen Betrachtungen über die Wirkungsart des Sanocrysins bei Tuberkulose gemeint mit einem solchen Toxin rechnen zu müssen. Noch ist es jedoch zu früh einen bestimmten Standpunkt hierin einzunehmen. Man muß die weiteren dies bezüglichen Untersuchungen abwarten, die zweifellos schon verschiedentlich im Gange sind und die wir auch letztthin in unserm Laboratorium vor genommen haben. Ein solches näheres Studium des Tuberkeltoxins wird uns möglicherweise dann für ein besseres Verständnis der Wirkungsart des Lichtbades bei Tuberkulose Mittel in die Hand geben.

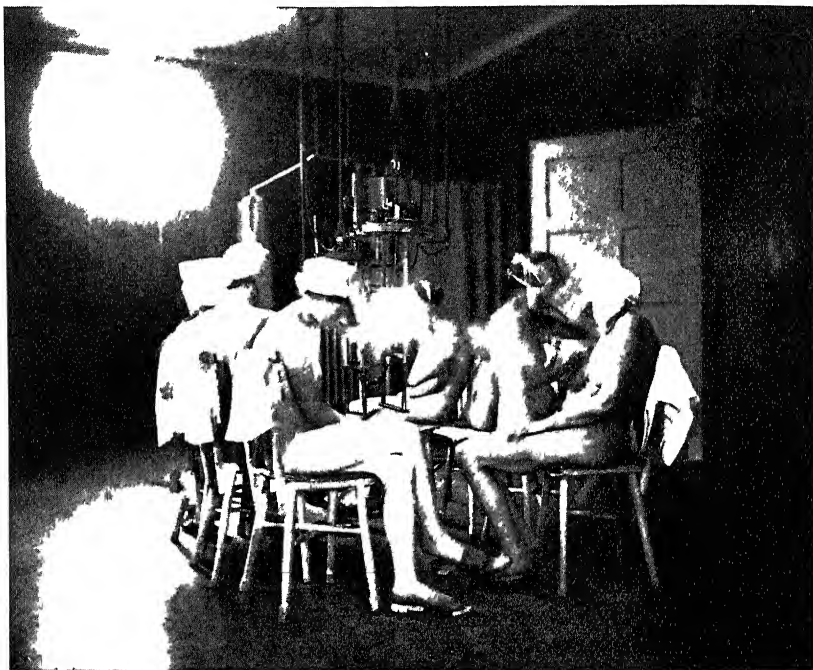
Alles in allem müssen wir somit sagen, daß es noch in keinem Punkt möglich ist, einen wirklich erschöpfenden positiven Bescheid über die Wirkungsart des künstlichen Lichtes bei den Krankheiten zu geben, wo wir faktisch einen therapeutischen Effekt sehen. Aber die Untersuchungen sind ständig im Gange, und man muß denn auch sagen, daß namentlich die Resultate der letzten Jahre uns einen guten Schritt vorwärts gebracht haben.

Zuletzt will ich dazu übergehen, einige Worte zu sprechen über die Behandlungsweise mit künstlichem Licht im führenden Lichtinstitut in Kopenhagen. Im Tiefland, und besonders bei uns in den nördlichen Ländern, kann ja nur in sehr geringem und unwesentlichem Grad davon die Rede sein, die Sonne als Lichtquelle in der Heliotherapie zu verwenden, von der mächtigen therapeutischen Bedeutung, die ein geeignetes Klima für die Behandlung mancher Krankheiten hat, müssen wir auch oft absehen. Nichtsdestoweniger werden die Resultate, die wir mit der Heliotherapie erzielen können, doch oft besonders zufriedenstellend sein.

Nach einer langen Reihe von Untersuchungen schlug *Finsen* vor, nun gut 30 Jahren vor, das Licht teils durch Linsen konzentriert zur lokalen Behandlung, teils unkonzentriert zur Bestrahlung des ganzen Körpers in Form von Lichtbädern anzuwenden. Es glückte ihm, die erste Form besonders gegenüber Lupus in System zu bringen, aber vor seinem Tode (1904) gelang es ihm nicht, die eigentliche Lichtbadbehandlung durchgeführt zu sehen, und die Anwendung der Sonnenbadbehandlung bei Tuberkulose wurde erst von Dr. Bernhard und etwas später von Dr. *Rollier* in Leysin begonnen. Nachdem Dr. *Reyn* vom Finseninstitut die guten Resultate in Leysin gesehen hatte, nahm er die Behandlung von verschiedenen Formen chirurgischer Tuberkulose bei uns in Danemark auf. Die Erkenntnis der künstlichen Lichtwirkung gegenüber Rachitis schreibt sich von *Huldschinsky* im Jahre 1920 her. Natürlich wenden wir das Lichtbad nun auch gegen Rachitis und Tetanie an, aber eine nähere Beschreibung der hier erzielten therapeutischen Resultate ist unnötig, da man kurz sagen kann, daß die Wirkung hier so schlagend und so absolut heilend ist, daß weitere Worte hierüber überflüssig sind, die wichtigen theoretischen Erwägungen zu denen die Lichtwirkung bei diesen Krankheiten Anlaß geben kann, habe ich im Vorhergehenden besprochen.

Wie weit das künstliche Lichtbad bei der Behandlung von Krankheiten wie Diabetes und Arthritis Bedeutung bekommen kann, darüber haben wir noch nicht so viele Untersuchungen angestellt daß wir uns hierüber aussprechen können. Ich will mich dabei nur an unsere Behandlung von Tuberkulose halten.

Die lokale Lichtbehandlung soll nur ganz kurz besprochen werden. Bei dieser beleuchtet man einen ganz kleinen Fleck der kranken

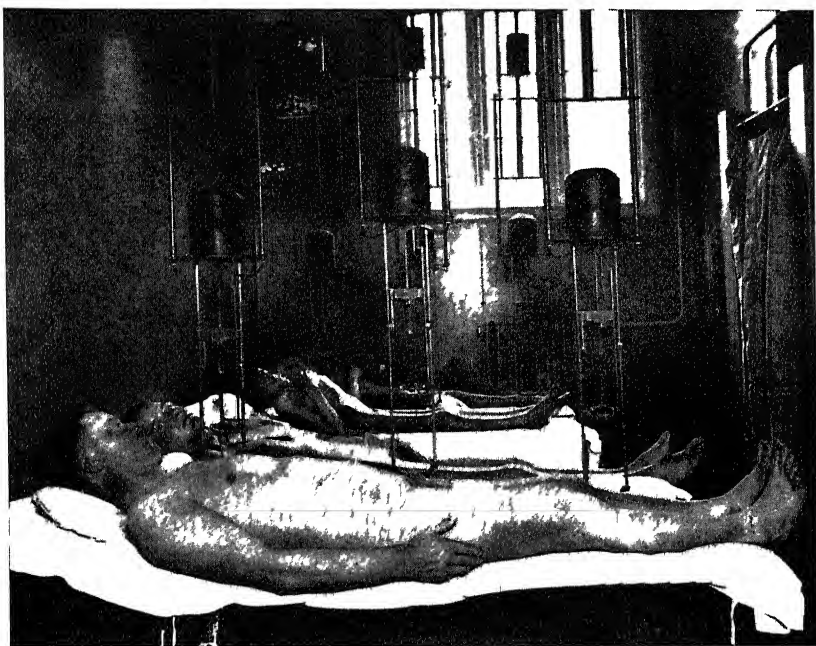


Stelle mit konzentriertem Licht, das so viele kurzwellige Strahlen wie möglich enthält. Die Behandlung beruht nämlich hier auf der bakterientötenden und destruierenden Wirkung, wodurch das kranke Gewebe direkt verodet werden kann. Als Lichtquelle wenden wir das Kohlenbogenlicht an. Besonders bei Lupus, wo die Lichtwirkung im wesentlichen angewendet wird, handelt es sich nämlich darum, die Lichtwirkung ziemlich tief in der Haut vor sich gehen zu lassen, weshalb die äußersten kurzwelligen Strahlen, an denen zum Beispiel die Quecksilberquarzlampe so reich ist, hier nicht von größerer Bedeutung sind, da sie gleich in der Hautoberfläche absorbiert werden. In der großen Menge starker penetrierender Strahlen hat das Kohlenbogenlicht jedoch das Übergewicht. Das Licht, das vom Kater in der positiven Kohle ausgeht, wird mit einem Konzentrations

apparat, der aus einem System von Quarzlinsen besteht, gesammelt, und der Lichtfleck soll auf die Stelle fallen, die man zu beleuchten wünscht

Man kann hierbei 6 sitzende Kranke gleichzeitig behandeln. Können die Patienten die sitzende Stellung nicht vertragen, benutzt man 3 Lampen von je 20 Amperes, wie Sie sie hier sehen

Da diese kleineren Lampen geringere Strahlenwärme als die großen von 75 Amperes geben können die Patienten hier dichter an



die Lampen heran kommen, so daß die Lichtintensität in beiden Fällen gleichwohl ziemlich gleich wird. Wie Sie wissen, enthält das Kohlenbogenlicht verhältnismäßig mehr dunkle Wärmestrahlen als das Sonnenlicht und weniger leuchtende Strahlen. Es ist die dunkle Wärmestrahlung, die beim Kohlenbogenlicht die Grenze bedingt, wie dicht der Patient an die Lampe heran kommen kann. So erreicht man, daß die Lichtintensität beim Kohlenbogenlichtbad selten größer wird als der Kranke sie ertragen kann. Bei Sonnenbadbehandlung muß man mit ganz kleinen Dosen beginnen und anfangs nur einen ganz kleinen Teil der Oberfläche beleuchten und dann vorsichtig bei den folgenden Sitzungen vorwärts gehen. Wie ich durch Bestrahlung rasierter weißer Meerschweinchen gezeigt habe, kann eine kraftige Beleuchtung des nicht pigmentierten Organismus mit leuchtenden

Strahlen sehr leicht eine beträchtliche allgemeine Temperatursteigerung infolge der in solchen Fällen in reichem Maße absorbierten Lichtenergie hervorrufen. Das ist vermutlich auch der Grund, daß man vor eingetretener Pigmentierung bei der Sonnenbadbehandlung so vorsichtig vorwärts gehen muß. Etwas Ähnliches ist bei der Kohlenbogenlichtbehandlung nicht in dem Grad notwendig, wo, wie gesagt, die stärkere dunkle Warmestrahlung von selbst der Lichtintensität eine Grenze setzt. Vermutlich ist ein wesentlicher Teil der Bedeutung der Pigmentation für das Sonnenbad in diesen Verhältnissen zu suchen. Hier beim Kohlenbogenlichtbad können wir mit einer kräftigen universellen Bestrahlung von zirka 15 Minuten beginnen und im Laufe weniger Tage auf die volle Bestrahlung von 1—2 Stunden jeden Tag oder jeden Uebertag ansteigen. Im übrigen kommt es auch hier allmählich zu einer sehr schönen Pigmentierung.

Über Licht und Krankheiten, nebst Bemerkungen zur Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge

Von Prof. Dr. *Walther Hausmann*

I

Die Kenntnis der heilenden Wirkung des Lichtes gehört zum sicheren Besitzstande der modernen Medizin

Im Gegensatz zu der Fülle sichergestellter Erfahrungen auf dem Gebiete der Lichtheilkunde steht nun die Tatsache, daß die genauere Kenntnis lichtbiologischer und lichtpathologischer Prozesse noch viel zu wünschen übrig läßt und daß hierin erst die Arbeit der letzten Jahrzehnte einigen Windel geschaffen hat

Wenn ich daher der ehrenvollen Aufforderung des vorbereiteten Komites dieser Tagung folge und über die Beziehung zwischen Licht und Krankheit berichte, so geschieht dies mit der Einschränkung, daß ich nur versuchen kann das Bild einer noch wenig ausgebauten Disziplin darzustellen ¹⁾

* * *

Die Lichtkrankungen des Menschen und der Tiere sind Affektionen bei denen irgendeine Beziehung zwischen Licht und Erkrankung besteht

Wir werden zweckmäßig Lichtkrankheiten im engeren Sinne von jenen pathologischen Prozessen unterscheiden bei denen jahreszeitliche Schwankungen, die vielleicht mit den wechselnden Lichtintensitäten zusammenhängen, beschrieben sind

Ich möchte gleich in dieser Stelle bemerken, daß bei einigen Lichtkrankheiten, dem Lichte keine unbedingt spezifische Rolle zuzuschreiben ist. Hier von soll noch gelegentlich die Rede sein

Die Lichtkrankungen im engeren Sinne

Lichtpathologische Prozesse engeren Sinnes können in zwei Gruppen eingeteilt werden

¹⁾ Literatur vgl. u. a. die ausführlicheren Darstellungen des Referenten Grundzüge der Lichtbiologie und Lichtpathologie Berlin/Wien 1923 Kap. A sowie Allgemeine Lichtbiologie und Lichtpathologie im Lehrbuch der Strahlentherapie Bd. I S. 613 Berlin/Wien 1925

Bei der ersten Gruppe handelt es sich um Lebewesen normaler Lichtempfindlichkeit, auf die Licht krankmachender Qualität oder Quantität einwirkt

Die zweite Gruppe von Lichterkrankungen ist jene, bei denen die Bestrahlung innerhalb physiologischer Grenzen liegt, bei denen aber die betroffenen Individuen starker oder in anderer Weise gegen Licht reagieren als dies sonst der Fall ist

Unter Umständen können beide Arten von Lichtkrankheiten an einem und demselben Lebewesen zur Beobachtung gelangen, wenn z. B. ein sehr pigmentarmes Individuum der kurzwelligen Strahlung im Hochgebirge ausgesetzt wird

A Lichterkrankungen durch an sich krankmachende Belichtung

In erster Linie sind die als „Sonnenstich“ bekannten Krankheitsercheinungen zu erwähnen, auf die an dieser Stelle nur hin zuweisen ist

Nach den Untersuchungen von *P. Schmidt* ²⁾ denen sich die Beobachtungen von *Karl Sonne* ³⁾, sowie von *Leonhard Hill* und *Campbell* ⁴⁾ zur Seite stellen, handelt es sich in diesem Falle vornehmlich um die Wirkung der sichtbaren Lichtstrahlen, der sogenannten leuchtenden Warmestrahlen, auf das Zentralnervensystem

In diese Klasse von Lichterkrankungen gehören ferner die Erkrankungen der Körperoberfläche bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht. Doch muß hier gesagt werden, daß wir in dem Lichterythem und seinen lokalen Folgen wohl nur den äußerlich merkbaren Effekt dieser Lichtreaktion vor uns haben ohne damit die oft eingreifende und dauernde Einwirkung auf den Organismus zu erfassen. Denn es ist sicher, daß sich an Belichtung mit biologisch wirksamen Lichtstrahlen, deren direkte Lichtwirkung sich schon in den obersten Schichten der Haut erschöpft, weitgehende und lang dauernde Beeinflussungen verschiedener Organfunktionen und Organsysteme anschließen

Die Reizerscheinungen der menschlichen Haut, die nach Bestrahlung in der Höhe oder mit ultraviolettreichen Lichtquellen auftreten, sind allbekannt und jeder von Ihnen hat diese Lichtreaktionen unzählige Male an sich und an andern ablaufen sehen

Ich gehe daher auf diese bekannten Tatsachen nicht näher ein. Mit kurzen Worten möchte ich aber von der Strahlenart sprechen, die das photochemische Erythem und seine Begleiterscheinungen hervorrufen

Es ist ja ganz sicher, daß die entzündungserregende Wirkung der kurzwelligen Lichtstrahlen die der langwelligen bei weitem überwiegt. Nach den Untersuchungen *Widmarks* und *Unnäs*, die ihren Höhepunkt in den klassischen Untersuchungen *Finsens* gefunden haben, ist hieran nicht mehr zu zweifeln

Trotz alledem scheint mir die Frage nach der Strahlung, die die entzündungserregende Wirkung unter den Bedingungen des Hochgebirges hervorruft, keinswegs geklärt

²⁾ Archiv f. Hyg. 1909 69 1

³⁾ Arch. med. skand. 1921 54 33b

⁴⁾ The Lancet 1923 204/1 746

Die grundlegenden Untersuchungen *Karl Dornos* machen es nötig dieser Frage näherzutreten. Auf diese wichtigen Beobachtungen werde ich in meinen an das Referat anschließenden Bemerkungen kurz eingehen.

Dort soll auch davon die Rede sein, daß die Kenntnis der biologischen Wirkung eines isolierten Strahlenbezirkes noch keinen unbedingt sicheren Schluß auf die Wirkung desselben Bezirkes in einem Strahlengemenge zulaßt.

In die Gruppe der Lichterkrankungen, die durch an sich krankmachende Belichtung verursacht werden, gehören ferner auch eine Reihe von Lichterkrankungen des Auges, wie z. B. die Schneeblindheit, die Schädigungen der Retina nach intensiver Bestrahlung u. a. m. Hier handelt es sich im wesentlichen um Individuen normaler Lichtempfindlichkeit, die einer krankmachenden Belichtung ausgesetzt sind. Im übrigen sind auch Augenaaffektionen bekannt, die in das Kapitel der

B. Lichterkrankungen bei gesteigerter Lichtempfindlichkeit

gehören

Diese zweite Hauptgruppe der Lichterkrankungen, die bei gewöhnlicher Lichtintensität auftreten, weil die betreffenden Individuen gegen Licht überempfindlich sind, sollen nun den wesentlichen Gegenstand meiner Erörterungen bilden.

Bei einer Reihe von Lichterkrankungen, die auf gesteigerter Lichtempfindlichkeit beruhen, ist die Frage nach der Krankheitsursache als ziemlich geklärt zu betrachten. Es sind dies die sogenannten optischen Sensibilisationserkrankungen, die irgendwie durch photobiologische Sensibilisatoren hervorgerufen werden.

Andere Lichterkrankungen können vorläufig nur als Lichterkrankungen unbekannter Ätiologie bezeichnet werden, doch ist die Hoffnung nicht unbegründet, diese Gruppe von Lichtaffektionen in nicht zu ferner Zeit erheblich einschränken zu können.

1. Die optischen Sensibilisationskrankheiten

Eine Reihe optischer Sensibilisationskrankheiten ist auf die Wirkung photobiologischer Sensibilisatoren zurückzuführen.

Hermann von Tappeiner und seine Schüler haben zuerst derartige Sensibilisatoren beschrieben, die von ihnen als photodynamisch wirksame Substanzen bezeichnet wurden.

Diese Körper — es handelt sich um fluoreszierende Farbstoffe — können Lebewesen und von Lebewesen produzierte Substanzen gegen Licht empfindlich machen. Es gelang tierische und pflanzliche Organismen, isolierte Zellen sowie Fermente, Toxine, Antitoxine und ähnliche Körper durch Zusatz fluoreszierender Farbstoffe derartig lichtempfindlich zu machen, daß sie bei einer an sich schädlichen Bestrahlung zu Grunde gingen bzw. unwirksam wurden.

Warmblütler, die durch derartige Substanzen lichtempfindlich gemacht sind, erkranken unter typischen Erscheinungen wie dies von *Raob* sowie von *Jodlbauer* und *Busck*⁵⁾ erwiesen wurde.

⁵⁾ Arch. de pharm. et de Therapie 1905 15 269

Als besonders intensiv wirkenden photobiologischen Sensibilisator habe ich vor Jahren das Hamatoporphyrin beschrieben⁶⁾. In den ganz akut verlaufenden Fällen die als „Lichtschlag“ bezeichnet wurden verfallen die belichteten Tiere nach ganz kurzem Aufregungsstadium in wenigen Minuten in tiefes Koma aus dem sie bei Fortdauer der Belichtung nicht mehr erwachen.

In den nicht so stürmisch aber immerhin akut verlaufenden Fällen zeigen die Tiere heftige Reizerscheinungen seitens der Körperoberfläche. Vom Beginn der Belichtung bis zum Eintritt des Todes vergehen in diesen Fällen in der Regel einige Stunden. Die Krankheitsercheinungen sind von dem von H. Pfeiffer⁷⁾ beobachteten Temperaturstürze begleitet.

Die subakut und chronisch einhergehenden Fälle zeigen Oedeme weiterhin Nekrosen der haarlosen belichteten Partien sowie Hautausfall.

Lichterkrankungen des Menschen und der Tiere die auf der Wirkung solcher sensibilisierenden Farbstoffe beruhen können wie schon bemerkt als *optische Sensibilisationskrankheiten* bezeichnet werden.

a) *Exogene Sensibilisationskrankheiten*

Als Krankheiten, die auf exogene Sensibilisation zurückzuführen sind, demnach *auf von außen zugeführten Sensibilisatoren* sind hauptsächlich folgende tierische Affektionen anzuführen: die Buchweizenkrankheit, die Erkrankung der Schafe nach dem Genuß von *Hypericum cispum*, vermutlich die Kleekrankheit, ferner die Erkrankung der Schweine nach dem Genuß der Farbwurzel *Lichnanthes*, sowie eine Reihe weiterer tierischer Affektionen, die wahrscheinlich zu dieser Krankheitsgruppe gehören.

Da die herbivoren Tiere photodynamisch wirkende Körper mit der Nahrung in großer Menge zu sich nehmen, so wäre eigentlich ein viel häufigeres Vorkommen exogener Sensibilisationskrankheiten zu erwarten. Doch werden diese Substanzen offenbar vom Tierkörper entweder nicht in photodynamisch wirksamer Form aufgenommen oder nach der Aufnahme unwirksam gemacht.

Von Affektionen des Menschen, die als exogene Sensibilisationserscheinungen zu deuten waren, sind die

medikamentösen Sensibilisationskrankheiten

zu erwähnen.

Zunächst die von Prime⁸⁾ mitgeteilten Beobachtungen nach Eosinogenuß des Menschen die von Tappener als Lichtkrankung gedeutet wurde. Hier kam es zu Ulcerationen an Gesicht und Händen. Die Nägel der Hände erkrankten.

Sie lösten sich von der Peripherie beginnend gegen die Matrix ab und wurden schwarz ähnlich wie dies bei Fällen von *Hydroa* mit Porphyrin ausscheidung beschrieben wird. Diese Mitteilungen sind auch von prinzipiellem Interesse weil sie das Bild der experimentell chronischen Sensibilisationskrankheit beim Menschen zeigen und so den Vergleich zu anderen noch fraglichen Sensibilisationskrankheiten ermöglichen.

Während des Krieges sind offenbar infolge der Verwendung nicht einwandfreier Präparate mehrfach Beobachtungen gemacht

⁶⁾ Biochem. Z. 1910 30 275 1914 67 309

⁷⁾ Abderhalden Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden 1923 Abt. IV T. 7 S. 1083

⁸⁾ Vergl. Strahlentherapie 1913 2 76

worden, die in dieses Gebiet gehören So z B mit Carboneol (*Herxheimer* und *Nathan*)⁹⁾, mit Tumenolsalbe (*Fribæs*)¹⁰⁾ und andere mehr Auch manche Melanosen sind hier zu erwähnen Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß lange bekannte Arzneiexantheme mit derartigen Sensibilisationen zusammenhängen

Daß unter Umständen auch gewerbliche Lichterkrankungen in die hier besprochenen Affektionen einzubeziehen sind geht aus Beobachtungen von *Lewin*¹¹⁾ hervor der bei Arbeitern einer Kabelfabrik die mit einer neuen Pechart arbeiteten zweifellos eine exogene Lichtaffektion gesehen hat

Die eben erwähnten Affektionen gehen mit Erscheinungen einher, die zumindest in den wesentlichen Punkten den experimentellen Sensibilisationen mit fluoreszierenden Farbstoffen entsprechen

Das Auftreten der Krankheiten ist an das Licht gebunden und insofern es sich um Tiere handelt betreffen sie unpigmentierte Tiere oder zumindest unpigmentierte Stellen sonst pigmentierter Individuen

Symptomatologisch etwas abweichend, wenn auch an Erfahrungen bei der Hydroa und bei der *Pringle*'schen Erkrankung erinnernd ist das Verhalten von Schweinen die mit der Farbwurzel *Lachnanthes* gefuttern (*Darwin*¹⁾) hat darüber folgendes mitgeteilt

Wyman hatte auf seine an einige Farmer in Florida gerichtete Frage woher es komme daß alle ihre Schweine schwarz seien die Antwort erhalten daß die Schweine die Farbwurzel (*Lachnanthes*) fressen diese färbe ihre Knochen rosa und mache außer bei den schwarzen Varietäten derselben die Hufe abfallen die Farmer wählen sogar nur die schwarzen Glieder eines Wurfs zum Aufziehen aus weil sie allein Aussicht auf Gebeihen geben Allen Anschein nach hat es sich auch hier um Sensibilisierung gehandelt und es ist von besonderem Interesse daß eine photodynamische Wirkung bei einem sich offenbar selektiv an das Knochengewebe bindenden Farbstoffe aufgetreten ist

Diese Beobachtung hat neuerdings dadurch an Interesse gewonnen, daß bei einer vielleicht endogenen Sensibilisationskrankheit, der Hydroa, ebenfalls die Bindung einer photodynamischen Substanz, des Porphyrins, in die Knochen beobachtet wurde (*Osteohamochromatose*), die z B in dem merkwürdigen Falle von *Mackey* und *Garrod*¹²⁾ zu Rosinfärbung der Milchzähne führte¹³⁾

b) Endogene Sensibilisationskrankheiten

Bisher sind nur sehr wenige endogene Sensibilisationserkrankungen bekannt geworden Krankheiten, bei denen also optische Sensibilisatoren die Lichtempfindlichkeit verursachen, die im Organismus selbst entstehen und nicht von außen zugeführt werden Es han

⁹⁾ Dermat Zeitschr 1917 24 385

¹⁰⁾ Ebenda S 641

¹¹⁾ Munch med Woch 1913 Nr 28

¹⁾ Ges Werke Bd 2 J 32 Deutsche Ausgabe Stuttgart 1875

¹³⁾ Quarterly Journ of med 1922 15 Nr 60

¹⁴⁾ Wie ich aus einer privaten interessanten Mitteilung von Sir *Archibald Garrod* entnehme waren die bleibenden Zähne desselben Individuums nicht mehr gefärbt

delt sich hier um jene Fälle aus der Gruppe der Hydroaerkrankungen, die zuerst von *Bazin* im Jahre 1862, später von *Hutchinson* beobachtet und als Sommerprurigo oder Sommereruption bezeichnet wurde

Seither ist die Kenntnis dieser Krankheitsbilder erheblich erweitert worden sie wurden eingehend beschrieben und klassifiziert so von *Hans Gunther*¹⁵⁾, der insbesondere den Begriff der *Porphyria congenita* aufgestellt hat In diesen Fällen werden wie *Hans Fischer*¹⁶⁾ gezeigt hat, von Hamatoporphyrin verschiedene Porphyrine (Uro und Koproporphyrin) ausgeschieden

Auf die klinischen Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden Sicher ist, daß diese Kranken gegen Licht in hohem Maße empfindlich sind, und daß diese Krankheiten zu derartigen Destruktionen führen können, daß die extremen Fälle sogar zur Verwechslung mit Syphilis, Lupus und Lepra Veranlassung gegeben haben

Hier schien demnach ein klarer Fall von endogener Sensibilisation vorzuliegen Lichtempfindlichkeit ist zweifellos gegeben und die intensivsten Sensibilisatoren, die Porphyrine, sind in vielen Fällen in großer Menge vorhanden Und doch sind gewichtige Einwände möglich Vor allem der Umstand, daß die Hydroaerkranken gegen die ultravioletten Strahlenbezirke empfindlich sind (*L Freund*)¹⁷⁾, die experimentelle Sensibilisation mit Porphyrinen jedoch zweifellos Ueberempfindlichkeit im sichtbaren Gebiete des Spektrums ergeben hat

Ich kann an dieser Stelle nicht alles abwägen, was für und was gegen die Auffassung der Hydroa als optische Sensibilisationskrankheit spricht Doch scheint es mir immer unwahrscheinlich, daß bei einer Krankheit, die mit Lichtempfindlichkeit einhergeht und bei der außerdem der stärkste bisher bekannte photobiologische Sensibilisator gebildet und ausgeschieden wird, nicht auch ein integrierender Zusammenhang zwischen Sensibilisator und Lichtaffektion bestehen sollte

Bevor ich noch kurz einige allgemeine Worte über Sensibilisationserkrankungen hinzufüge, sei darauf hingewiesen, daß *Zielinska*¹⁸⁾ bei einer Regenwurmart, die einen fluoreszierenden Farbstoff produziert, eine Lichterkrankung beschrieben hat Diese Affektion ist, wie ich glaube, zweifellos als endogene *Sensibilisationskrankheit* aufzufassen

Bei Besprechung der Hydroa wurde darauf hingewiesen, daß die Lichtempfindlichkeit im kurzwelligen Strahlenbezirke nicht mit

¹⁵⁾ Vergl Ergebn der Path 1922 20 I Abt 608

¹⁶⁾ Vergl z B Munchner med W 1916 Nr 11, 1923 Nr 46 Handbuch d Biochem 2 Aufl 1923 1 351

¹⁷⁾ Wiener klin W 1912 Nr 5

¹⁸⁾ Anz der Akad der Wissensch Krakau 1913 Math naturw Klasse S 511

dem Bilde der experimentellen Sensibilisation übereinstimmt. Ich glaube, daß man deshalb die Frage erwagen sollte, ob nicht zum Begriff einer Sensibilisationskrankheit, die durch photobiologische Sensibilisatoren im Sinne *Hermann von Tappeiner's* verursacht werden, Empfindlichkeit gegen die Bezirke des sichtbaren Lichtes gehört.

Soweit ich es übersehe, ist es bisher experimentell nicht gelungen, durch solche Sensibilisatoren Ueberempfindlichkeit gegen kurzwellige Strahlen zu erzielen.

Es sind jedoch Ueberempfindlichkeiten gegen Licht bekannt geworden, bei denen in der Tat langerwellige oder zumindest Glas passierende Strahlen die Krankheitserscheinungen auslösen.

Da ist zunächst der berühmte Fall von Ekzema solare zu erwähnen, den *Veiel*¹⁰⁾ im Jahre 1887 beschrieben hat. Es war eine Dermatitis, die zweifellos mit Belichtung zusammenhing und in die Gruppe der ekzematösen Hauterkrankungen gehörte. Bei ständigem Aufenthalt im Zimmer war keine wesentliche Eruption zu beobachten, doch war die dem geschlossenen Fenster zugekehrte Seite des Gesichtes stets in einem leichten Reizzustande, der sich durch das Vorhandensein eines papulösen Ekzems kundtat.

In letzter Zeit hat *Frei* über eine interessante lokale urtikarielle Hautreaktion eines Phthisikers auf Sonnenlicht berichtet. Die Beobachtungen von *Frei*¹¹⁾ die hier in der deutschen Heilstatte in Davos gemacht worden sind, ergaben, daß es sich allem Anscheine nach um die Wirkung der kurzwelligen sichtbaren oder der langwelligen ultravioletten Anteile handelt.

Auch in Fällen von *Dule*¹²⁾ und von *Ward*¹³⁾ scheint es sich bei ähnlichen Affektionen um dieselben Strahlenbezirke gehandelt zu haben.

Deshalb mochte ich glauben, daß diese Fälle zu den *Sensibilisationskrankheiten* gehörten.

Bei dem Versuche, Lichterkrankungen als optische Sensibilisationserscheinungen zu charakterisieren, wird der chemische und photobiologische Nachweis von Sensibilisatoren in den Ausscheidungen angestrebt.

Doch scheint dies bisher nur bei den oben erwähnten Porphyrien gelungen zu sein.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß zweifellos Sensibilisationen vorliegen können und auch wenn der Nachweis des Sensibilisators nicht mehr gelingt. Ich konnte z. B. bei Tieren, denen Hamatoporphyrin verabreicht worden war, und die einige Zeit nach der Injektion im Lichte noch deutliche Erscheinungen von Sensibilisation darboten, weder im Blute noch in der Galle oder im Harn auch nur Spuren von Hamatoporphyrin nachweisen. Es kann sich also bei solchen Affektionen sehr wohl um Sensibilisationskrankheiten handeln, auch wenn der Nachweis dieser Substanzen nicht ohne weiteres möglich ist.

¹⁰⁾ Vierteljahrsschr. f. Derm. u. Syph. 1887 S. 1113.

¹¹⁾ Archiv. f. Derm. u. Syph. 1925 149 124.

¹²⁾ Journ. of the amer. med. ass. 1923 80 S. 1835.

¹³⁾ zit. nach *Dule* l. c.

Wie lange solche Sensibilisatoren im Körper zurückgehalten werden, geht aus dem bekannten Selbstversuche von *Meyer Betz*²³⁾ hervor. Am 14. Oktober 1912 ließ sich *Meyer-Betz* Hamatoporphyrin intravenös injizieren. Anfangs Dezember war Sensibilisation an einem sonnigen Tage in Königsberg noch vorhanden.

Ich halte es aber nicht für ausgeschlossen, daß in diesen Fällen der Tierversuch von einigem Nutzen sein konnte und zu einem positiven Resultat führen kann, wenn andere biologische Reaktionen versagen. So konnte Herr *Shibuya*⁴⁾ vor kurzem in meinem Laboratorium zeigen, daß der porphyrinhaltige Harn eines Hydrokranken eine Maus sensibilisierte, während der Nachweis der sensibilisierenden Wirkung des nativen Harnes bei andern biologischen Objekten nicht zu erbringen war. Auffallend war hierbei, daß dieser Hydroharn im langwelligen Strahlenbezirke sensibilisierte. Es wird sich übrigens in Zukunft als nötig erweisen, nicht nur nach Porphyrinen zu fahnden, sondern auch an andere Sensibilisatoren zu denken.

Die Desensibilisation warmblütiger Lebewesen

Im Anschluß an die eben besprochenen Sensibilisationskrankheiten möchte ich nur kurz die Frage der optischen Desensibilisation streifen.

Dem Studium der Sensibilisation gegen das Licht hat sich in den letzten Jahren die Bestrebung zur Seite gestellt, photographische Platten ferner lichtempfindliche Lebewesen oder Zellen gegen Licht unempfindlich zu machen.

In der Photochemie ist das Problem der Desensibilisation insbesondere von *Luppo Cramer*⁵⁾ mit großem Erfolge wie wir leider konstatieren müssen mit weit größerem als in der medizinischen Forschung bearbeitet worden.

*Busch*²⁶⁾ hat vor einer Reihe von Jahren im Münchener pharmakologischen Institut gezeigt, daß es gelingt, die photodynamische Wirkung von fluoreszierenden Farbstoffen auf Paramaecien durch Serumzusatz aufzuheben.

Eine zweite Gruppe von Desensibilisatoren für photodynamisch wirkende Substanzen stellen reduzierende Körper verschiedener Konstitution dar.

Sacharoff und *Hans Sachs*⁷⁾ zeigten, daß es gelingt, durch die Gegenwart eines Sauerstoff an sich reißenden Körpers die photodynamische Wirkung des Erythrosins auf rote Blutkörperchen aufzuheben. Wurden rote Blutkörperchen neben Erythrosin auch Natriumsulfit zugegeben, so trat die Hämolyse im Lichte nur bedeutend verzögert erst dann auf, wenn das in der Lösung befindliche Natriumsulfit schon zu Natriumsulfat oxydiert war.

Es war nun von Interesse zu untersuchen, ob es nicht möglich sei, auch bei Warmblütlern, die gegen Licht empfindlich gemacht

³⁾ Archiv f. klin. Med. 1913, 112, 476.

²⁴⁾ Strahlentherapie 1924, 18, 710.

⁵⁾ Negativ-Entwicklung im hellen Lichte, Leipzig 1922.

²⁶⁾ Biochem. Z. 1906, 1, 425.

⁷⁾ Münch. med. W. 1905, Nr. 7.

waren, auf einem der oben beschriebenen Wege zu einer Desensibilisation zu gelangen. In einer Reihe von Versuchen, die die Herren *Shibuya* ⁸⁾ und *Awoki* ⁹⁾ auf meine Veranlassung ausgeführt haben, stellte sich zunächst heraus, daß man bei Verabreichung von inaktiviertem menschlichen Serum und von Hamatoporphyrin die akuten Erscheinungen der Sensibilisation bisher nicht aufzuheben vermochte, daß es jedoch in einigen Versuchen einwandfrei gelang, die Gefäßsymptome der Sensibilisation aufzuhalten, indem bei diesen Tieren nur geringfügige Oedeme und in einigen Fällen auch keine Hyperämie der sich sonst intensiv rotenden Ohren auftraten. Zu ähnlichen Erfahrungen ist seither *Lignac* ¹⁰⁾ bei Hamatoporphyrin Mäusen gelangt, die mit CaCl₂ vorbehandelt waren.

In andern Fällen jedoch verliefen die Sensibilisationserscheinungen beim Serum und beim Kochsalztier nahezu identisch. Versuche zur Klärung dieses Gegensatzes sind derzeit im Gange. Viel leicht ist die Menge des verabreichten Serums, vielleicht auch sein Tyrosingehalt maßgebend.

In weitem Untersuchungen wurde die Wirkung reduzierender Substanzen, sowie verschiedener Kohlenhydrate geprüft. Wir haben in beiden Fällen bisher keine befriedigenden Resultate erzielt, weil die Giftigkeit der reduzierenden Substanzen und der konzentrierten Zuckerlösung eine zu große war, um Abschwächung zu erreichen.

Versuche, in denen wir es unternahmen, zu einer Desensibilisation mittels Narkose zu gelangen, führten zu dem Ergebnis, daß wohl die Reizwirkung, die sich in Kratzen und Beißen äußert, aufgehoben wurde, während die Gefäßwirkung unverändert in Erscheinung trat. Der Lichttod war nicht aufzuhalten. Doch geht aus diesen Versuchen hervor, daß eine Schockwirkung hier nicht vorliegt.

Überblicken wir die bisher gewonnenen Ergebnisse bei der Desensibilisation warmblütiger Lebewesen gegen die Wirkung sensibilisierender Substanzen, so müssen wir sagen, daß bisher die Erfolge der Desensibilisation *in vivo* gegen die Desensibilisation *in vitro* weit zurückstehen, daß jedoch weitere Versuche über die optische Desensibilisation warmblütiger Organismen dringendst geboten erscheinen.

In einem auf der Lupusheilstätte in Wien behandelten Fall von *Sommerprurigo* konnte übrigens mit mehrfacher Eigenblutinjektion keinerlei Besserung erzielt werden. In diesem Falle konnte im Harn kein Porphyrin nachgewiesen werden, noch sensibilisierte der Harn weiße Mäuse.

Die Erörterung der Desensibilisationsfrage macht es auch nötig, mit einigen Worten die Frage der Lichtgewohnung bei pathologischen Lichteinflüssen zu erwähnen.

⁸⁾ l. c.

⁹⁾ *Biochem. Z.* 1925 158 337

¹⁰⁾ *Krankheitsforschung* 1925 1 177

Durch vielfältige Erfahrung ist zunächst seit *Finsen* festgestellt worden, daß nach Bestrahlung normal lichtempfindlicher Individuen mit einem Lichte entzündungserregender Qualität das Licht bewirkte Pigment vor neuerlicher Bestrahlung zu schützen vermag.

Jesionek hat immer darauf hingewiesen, um wieviel größer die Lichtempfindlichkeit der Hautpartien ist, die unter gewöhnlichen Bedingungen nicht dem Lichte ausgesetzt sind, als die der belichteten, an das Licht gewohnten Hautpartien.

Zuerst hat, soweit ich die Literatur übersehe, wohl *K. A. Heiberg*³¹⁾ gezeigt, daß neben dem Pigment noch andere Faktoren dazu beitragen, die lichtbehandelte Haut undurchsichtiger und dadurch unempfindlicher zu machen. Zu dieser Auffassung haben sich kurzlich noch die Beobachtungen von *Keller*³²⁾, *Meyer*³³⁾ und *Perthes*³⁴⁾ gesellt, die, unabhängig von einander, zu der Erkenntnis gelangt sind, daß es eine lichtbewirkte Alteration der Zellen gibt, die ohne Pigmentierung zu einer geringern Lichtempfindlichkeit führt.

Auch bei Lichtaffektionen, die durch abnorme Lichtempfindlichkeit verursacht werden, sind derartige Gewohnungserscheinungen beobachtet worden, wie z. B. in der schon erwähnten Mitteilung von *Frei* sowie in der Arbeit von *Dukes*.

Doch sind wir nicht berechtigt zu sagen, daß bei lichtpathologischen Prozessen Lichtgewohnung regelmäßig eintreten muss. Gerade bei der am besten studierten Lichtaffektion bei der *Hydroa* hat *Magnus Møller*³⁵⁾ gezeigt, daß wiederholte Belichtung erst die Disposition zur Entstehung der typischen *Hydroeruption* schaffen kann. Hier wurde dann ganz im Gegensatz zu der Lichtgewohnung eine Lichtüberempfindlichkeit entstehen im Verhalten, das in den so oft beobachteten Zusammenhang zwischen Überempfindlichkeit und Immunität bei Infektionskrankheiten erinnert.

2. Lichterkrankungen unbekannter Ätiologie

Bei den bisher genannten Krankheiten ist die Ursache der Lichtempfindlichkeit als annähernd aufgeklärt oder zumindest als orientierungsfähig zu bezeichnen. Doch gibt es noch eine Reihe weiterer Lichtaffektionen, bei denen wir zumindest bisher keine sicheren Anhaltspunkte für die Entstehung der Lichtempfindlichkeit besitzen.

Zu diesen Krankheiten glaube ich auch heute noch die *Pellagra* rechnen zu müssen.

Daß der Ausbruch des Pellagraerythems mit der Frühjahrs Sonne etwas zu tun hat, haben schon die lombardo-venetischen Autoren des 18. Jahrhunderts unter ihnen in erster Linie *Strambio* gewußt. Doch sind wir meiner Ansicht nach in der genetischen Erkenntnis dieser Lichtüberempfindlichkeit noch immer nicht viel weiter gekommen.

³¹⁾ Arch. f. Derm. u. Syph. 1921 130 306

³²⁾ Strahlentherapie 17 197

³³⁾ Klin. W. 1923 S. 1446

³⁴⁾ M. m. W. 1924 Nr. 38

³⁵⁾ Der Einfluß des Lichtes auf die Haut im gesunden und kranken Zustand. Stuttgart 1900.

Wir müssen jedenfalls daran denken daß die Pellagraerytheme auch an nicht besonnenen Körperstellen auftreten können und daß die Grenzen des Pellagraerythmes und die des Erythema solare nicht übereinstimmen

Auch ist auf die immer wieder erwähnten Beobachtungen von *Neußer* hinzuweisen der die Pellagraerytheme bei nackt herumlaufenden Zigeunern scharf begrenzt auf Hände und Füße beschränkt sah während der übrige dunkel pigmentierte Körper keine pellagrosen Veränderungen aufwies

Vor einigen Jahren schien es als wäre die Pellagra als exogene Sensibilisationskrankheit im oben erwähnten Sinne aufzufassen Hierbei wurde angenommen daß durch den Mais photobiologische Sensibilisatoren in den Körper gebracht werden der dann lichtempfindlich wurde

Sicher ist es daß man Laboratoriumstiere durch Maisgenuß gegen langwellige Lichtstrahlen sensibilisieren kann Ebenso sicher ist es daß die Erscheinungen der Pellagra in keiner Weise mit optischen Sensibilisationserscheinungen am Menschen und an Tieren übereinstimmen

Ich glaube deshalb noch nicht berechtigt zu sein, die Pellagra aus den Lichtaffektionen unbekannter Ätiologie zu eliminieren, doch kann man vielleicht hoffen, daß die Pellagrafrage mit der Aufklärung der Lichtbeziehung der Avitaminosen ihrer Lösung nahe gebracht wird

Zu den Lichterkrankungen ist vielfach auch die als *Xeroderma pigmentosum* bezeichnete Hautaffektion gezählt worden Es hat in der Tat den Anschein, als wäre diese Krankheit oder zumindest ihr Beginn an Belichtung gebunden Vor allem entstehen die akuten Entzündungserscheinungen, die den Beginn der Krankheit darstellen bei Kindern, die zum ersten Male ins Freie getragen werden, akut unter den Einwirkungen der Sonnenstrahlen ganz ähnlich, wie dies beim Aufschließen beim Pellagraerythem der Fall ist Die weitere Entwicklung scheint offenbar nicht integrierend mit aktinischen Reizen zusammenzuhängen Doch ist die Beobachtung von Interesse daß die bosartigen Neubildungen, die im Verlaufe des Xeroderma auftreten, den Rontgenkarzinomen ähnlich sind

Sehr nahe dem Xeroderma steht das von *Unna* beschriebene Karzinom der Seemannshaut das bei Personen auftritt, die sich berufsmäßig im Freien aufhalten und jeder Witterung ausgesetzt sind Auch scheint ursachliche Beziehung zum Lichte zu bestehen *Finsen* hatte bei Besprechung der roten Farbe der unbedeckten Haut bei Kutschern und Seeleuten angenommen, daß die Kalte befördernd oder unterstützend bei der Erscheinung der roten Farbe der Haut wirkte, daß aber im wesentlichen das *Licht* hieran beteiligt sei Im vorliegenden Falle ist wohl Ähnliches anzunehmen

Vielfach sind auch die Beziehungen zwischen der Entstehung des Hautkrebses und dem Lichte angenommen worden

Von Bedeutung erscheint mir auch der Hinweis mancher Autoren auf die relative Immunität der Neger gegen Hautkrebs zu sein wenn man sich die Erfahrungen über Buchweizenkrankungen und ähnliche Erkrankungen vor Augen hält Doch ist in diesem Zusammenhang auf die wichtigen Beobachtungen von *Karl With*³⁶⁾ hinzuweisen wonach konnatale oder anderweitige Hyperpigmentierungen keinen derartigen Lichtschutz verleihen wie durch Belichtung akquiriertes Pigment Bei einem Neger

³⁶⁾ Brit Journ of Derm and Syph 1920 32 145

erwies sich die natürliche Pigmentierung als minder kraftiger Lichtschutz als das durch Lichtbäder erworbene Pigment, allerdings wurden hier auch die oben erwähnten Gewohnungserscheinungen der Zellen gegen Licht die unabhängig von der Pigmentierung auftreten sich geltend machen müssen

Wenn übrigens die Auffassung zu Recht bestünde, daß Hautkarzinome ausgesprochene Lichtbeziehungen haben so wäre es wohl wahrscheinlich daß die Bewohner des Hochgebirges mehr von Hautkrebs heimgesucht wurden als die der Ebene Wir wurden auch wohl einer Periode gehauften Hautkrebses entgegengehen oder uns schon in ihr befinden, da seit mehr als einem Dezennium intensive Belichtung beim Sport in allen Höhenlagen, sowie bei therapeutischen Maßnahmen an der Tagesordnung ist

Hierbei wäre allerdings vorausgesetzt, daß sich die Gewohnungserscheinungen hier nicht geltend machen wurden Ich mochte noch erwähnen, daß *Oskar Bernhard* in diesem Zusammenhang besonders darauf hingewiesen hat, daß im Gegensatz zu den Erfahrungen über die Seemannshaut bei Personen, die sich im Hohenklima ihres Berufes wegen im Freien aufhalten, Hautkrebs durchaus nicht häufig zu beobachten sind Er sah bei Wegemachern, Postillionen und ähnlichen Berufskategorien, die allen Unbilden der Witterung und im Winter auch monatelang intensiver Sonnenbestrahlung mit Reflex von Eis und Schnee ausgesetzt sind, nie ein Hautkarzinom des Gesichtes oder der Hände

Von einer Reihe von Autoren ist der *Lupus erythematosus discoides* als Belichtungsdermatose gedeutet worden Die Krankheit befallt regelmäßig die unbedeckten peripheren Körperstellen meist oder ausschließlich

Zu erwähnen ist ferner, daß öfters nach Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne eine Aussaat disseminierter, für *Lupus erythematosus* charakteristischer Herde beobachtet wurde

Im Hinblick auf die Erfahrungen *Finsen's* über die Rotlichtbehandlung der *Variola*³⁷⁾ sind noch die Lichtbeziehungen der *Variola* zu erörtern

Finsen verlangte, daß die Kranken mit derselben Sorgfalt vor den chemischen Strahlen zu schützen seien, die der Photograph bei seinen Platten und bei seinem lichtempfindlichen Papier anwendet Ein abschließendes Urteil über die Erfolge der Rotlichttherapie der *Variola* läßt sich wohl auch heute nicht geben Vielfach ist die Methode *Finsen's* als sicher zum Ziele führend geschildert, vielfach ist sie angegriffen, zum Teil gänzlich abgelehnt worden

Schamberg hat betont daß die *Variola* im Sommer einen schwereren Verlauf nehmen mußte als im Winter wenn die Belichtung von erheblichem Einfluß wäre dies ist aber nicht der Fall Ebenso mußten wohl die Neger weniger an *Variola* leiden als die Angehörigen der weißen Rasse auch dies trifft nicht zu

³⁷⁾ Literatur über diese Frage vergl. die vorzügliche Monographie von *Wurtzen* *Traitement de la variole par la methode Finsen* Kopenhagen 1917 sowie *Ergebn d. inneren Med. u. Kinderkrankh.* 1915 4 326

Hervorheben möchte ich an dieser Stelle die Beobachtungen des Schweizers *J. von Rieß*³⁸⁾, der nach Anwendung einer Lichtschutzsalbe bei erwachsenen Erstgeimpften die Impfnarben stets klein, zart und weiß sah. Der Unterschied in der Narbenbildung war bei den lichtgeschützten Geimpften und den nicht vor dem Lichte geschützten Geimpften ein erheblicher.

Dem Verfasser scheint jedenfalls festzustehen, daß ein Vergleich der Variola mit einer unzweifelhaften Lichterkrankung, wie es etwa die Buchweizenkrankheit ist, nicht durchführbar ist. Schwer verstandlich ist es, daß bei einer Affektion, die mit dem Licht in Beziehung gebracht wird, ganz geringfügige Lichtmengen — im nicht exakt eingerichteten Rotlichtzimmer — von großem Einfluß waren, während die enormen Schwankungen der Lichtintensität im Verlaufe der Jahreszeiten aber nur von unwesentlicher Bedeutung erscheinen.

Es hat fast den Anschein, als wären die starken Widersprüche in der Variola Lichtfrage auf verschiedene Eigenschaften der Erreger bei den einzelnen Epidemien zurückzuführen. Vielleicht ist bei den Untersuchungen *Finsens* auch der Umstand in Betracht zu ziehen, daß es sich bei seinen Beobachtungen wohl um besonders pigmentierte Individuen gehandelt haben dürfte.

So steht bisher in der Beurteilung der Variola in ihrer Beziehung zum Licht Meinung gegen Meinung. Der Wunsch *Finsens*' nach Einsetzung einer Kommission von Pockenärzten und Dermatologen zur Untersuchung seiner Methode ist demnach noch immer zeitgemäß.

Die Lichtbeziehungen der *Varizellen*³⁹⁾ sind ebenfalls nicht abschließend zu beurteilen. *Rollier* hatte beobachtet, daß die pigmentierten Kranken verschont blieben, daß ferner bei Patienten die Gipsverbände trugen, Varizellenblasen in den bedeckten Hautstellen auftraten.

A. Reiche sah keinen Einfluß der kurzwelligen Strahlen. *A. Sack* glaubte, daß in einem besonderen schweren Fall, eine vorhergehende Behandlung mit künstlicher Hohen Sonne die Haut überempfindlich gemacht hatte.

Schließlich sind noch die Beziehungen des Lichtes zur *hamorrhagischen Diathese* zu berühren. Vor Jahren konnte Referent in Gemeinschaft mit *Mayerhofer*³⁹⁾ bei 3 Kindern nach Bestrahlung mit einer künstlichen Hohen Sonne dahingehende Beobachtungen machen.

*Trauner*³⁹⁾ hat bei übermäßigen Sonnenbädern schwere zum Tode führende hamorrhagische Diathese gesehen. Er hat auch aus der neueren Literatur einige Angaben mitgeteilt, die ebenfalls auf eine Beziehung zwischen hamorrhagischer Diathese und Belichtung hinweisen. Es war während des Krieges öfters aufgefallen, daß plötzlich

³⁸⁾ Wiener klin. W. 1922 Nr. 33

³⁹⁾ Literatur vergl. Literaturhinweis auf Seite 395

Skorbut bei ausgezeichnet genährten Truppenteilen zugleich mit andern Frühjahrsinfektionen auftrat. *Trauner* teilt mit, daß bei einer Skorbutepidemie der Karntner Hochgebirgsarmee am stärksten die Kriegsgefangenenabteilungen betroffen waren. Es handelte sich um Leute, die meist aus dem Tieflande stammten. Bemerkenswert war es, daß die im Tale beschäftigten Abteilungen fast frei blieben, am schwersten betroffen war eine Abteilung, die 10 Monate im Gebirge, demnach bei intensiver Bestrahlung beschäftigt war.

Trauner hat auch darauf hingewiesen, daß bei der Segelschiffahrt bei Polarexpeditionen, den Hauptgelegenheitsursachen des Skorbuts, ebenfalls mit starker Insolation gerechnet werden kann.

Ähnliche Beobachtungen scheinen auch an andern Stellen gemacht worden zu sein.

Beobachtungen über Lungenblutung nach starker Sonnenbestrahlung sind schon seit vielen Jahren beschrieben worden.

So hat der Vater des Verfassers, *R. Hausmann* (Meian), die Lungenphthisen, die zu Haemoptoe neigten, stets vor starker Besonnung gewarnt.

H. Godde beobachtete Lungenblutungen nach Belichtungen zu gleich mit hochfieberhaften Herdreaktionen. *E. Weidinger* sah ebenfalls bei Lungenphthise tödliche Lungenblutung im Anschlusse an Bestrahlung mit künstlicher Höhensonne.

Schließlich ist noch die *Malaria* in ihrer Lichtbeziehung zu erwähnen, denn es ist wohl sicher, daß latente Malaria durch Bestrahlung manifest werden kann, doch wird derselbe Erfolg ja durch sehr viele andere Reize ebenfalls erzielt. Es handelt sich also um eine ganz unspezifische Lichtwirkung.

Hingegen scheint mir ein Zusammenhang zwischen Bestrahlung und Schwarzwasserfieber, an den ja auch gedacht wurde, nicht zutreffen.

Rachitis

Wir haben bisher Affektionen besprochen, die insofern etwas mit Licht zu tun hatten, als sie durch das Licht hervorgerufen oder zumindest in ihrer Entstehung beeinflußt werden.

Im Gegensatz hierzu ist nun noch die Lichtbeziehung der Rachitis zu erwähnen, die mir in gewissem Sinne wie ein Spiegelbild des bisher Erwähnten erscheint. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß wir nun die Rachitis als eine Krankheit auffassen können, bei der sich der Organismus gegen Lichtmangel empfindlicher verhält, als dies gewöhnlich der Fall ist. Vielleicht konnte man auch sagen, daß diese Individuen gegen den Lichtmangel sensibilisiert sind.

Ich kann an dieser Stelle auf diese ganze Frage nur kurz hinweisen. Sicher scheint mir zu sein, daß der Lichtmangel *ceteris paribus* die Entstehung der Rachitis beeinflußt, wie *Oskar Bernhard* dies in seinen Beobachtungen am Julierpasse eindringlich gezeigt hat. Sicher ist es auch, daß das Licht die Rachitis günstig beeinflussen kann,

wie dies aus den bekannten experimentell klinischen Erfahrungen von *Huldschinsky* ⁴⁰⁾ sowie der grundlegenden Arbeiten von *Heß* ⁴¹⁾ mit seinen Mitarbeitern, *Eckstein* u. a. bei der Lichtbehandlung der experimentellen Rattenrachitis hervorgeht

Die Ultravioletttherapie der Rachitis ist in jüngster Zeit auch durch die Stoffwechseluntersuchungen von *A. Heß* und von *St. Rothman* und *Callenberg* ⁴²⁾ dem Verständnis etwas näher gerückt worden. Zweifellos wird nach diesen Arbeiten der Kalk- und Phosphorstoffwechsel durch Bestrahlung wesentlich und nicht nur vorübergehend beeinflusst. Es liegt nahe, hierin wenigstens eine der kausalen Grundlagen dieser Therapie zu vermuten.

An dieser Stelle ist auch darauf hinzuweisen, daß allem Anschein nach das Licht, sei es nun Lichtmangel oder Lichtüberfluß, bei den ganzen Krankheitsgruppen der Avitaminosen irgend etwas zu tun hat. Die vielfachen Einflüsse der Belichtung auf den intermediären Stoffwechsel, die uns die grundlegenden Arbeiten von *Pincussen* und seinen Mitarbeitern kennen gelehrt haben, ebenso die Beobachtungen von *Heß* und von *Rothman* über die Lichtbeeinflussung des Mineralstoffwechsels lassen derartige Beziehungen sehr wahrscheinlich erscheinen. Vielleicht wird es in kurzem möglich sein, die schon seit Jahrhunderten gemachten Beobachtungen über die Lichtwirkung bei der Pellagra und bei verwandten Affektionen im Sinne einer Lichtbeziehung der Avitaminosen aufzufassen. Ich glaube, daß es in absehbarer Zeit denkbar sein wird, sich ein Bild über den Zusammenhang von Avitaminosen und Licht — Lichtmangel und Lichtüberfluß — zu machen und den Kreis der Lichterkrankungen unbekannter Ätiologie weiter einzuschränken. Ich glaube aber nicht, daß wir schon heute imstande sind, die Lichtbeziehung der Avitaminosen einigermaßen überblickend abzuhandeln.

Die Lichterkrankungen im weiteren Sinne

In den einleitenden Zeilen dieser Darlegungen habe ich bemerkt, daß man bei den Beziehungen zwischen Licht und Krankheit auch auf die jahreszeitlichen Schwankungen bedacht sein müsse, die bei einer Reihe von Krankheiten bestehen. Ich kann auf diese Zusammenhänge nur kurz hinweisen und ganz Vereinzelt herausgreifen ⁴³⁾

So hat *Bettmann*, der von den Untersuchungen *Moro's* über den „Frühjahrs Gipfel“ der Tetanie ausging, über derartige Schwankungen bei Hautkrankheiten berichtet. Er hat z. B. in einzelnen Fällen von Psoriasis, Ekzemen sowie bei Lichen ruber planus deutliche Verschlimmerung des Leidens im Frühjahr beobachtet. Inwie-

⁴⁰⁾ Vergl. Z. f. d. ges. phys. Ther. 1923, 27, 132.

⁴¹⁾ Vergl. z. B. Lancet 1922, 203, II, 3 und Journ. of the American M. Ass. 1925, 84, 1033.

⁴²⁾ Klin. W. 1923, Nr. 37.

⁴³⁾ Vergl. Literaturangaben Seite 395.

ferne das Licht bei diesen und ähnlichen Beobachtungen eine Rolle spielt, ist noch nicht bekannt, ebenso bei der nach *Hamburger* im Frühjahr erhöhten Tuberkulinempfindlichkeit

Von besonderem Interesse sind auch die Beobachtungen des bekannten Rachitisforschers *Alfred F. Heß* und seiner Mitarbeiter über jahrzeitliche Schwankungen der Blutphosphate, die anfangs März ihren tiefsten Stand erreichten

Der Lichttod

Zum Schluß bitte ich, noch einige Worte über den Lichttod sagen zu dürfen

Der Lichttod kann durch sämtliche Strahlen des sichtbaren Spektrums sowie durch ultrarote, wie durch ultraviolette Strahlung verursacht werden. Keinerlei Spezies von Lebewesen, die durch photobiologische Sensibilisatoren lichtempfindlich gemacht sind, scheint gegen die Abtötung durch Licht geschützt zu sein. Vorausgesetzt ist hierbei geringe Pigmentierung des Integumentes

Handelt es sich jedoch um Abtötung nicht sensibilisierter Lebewesen durch Lichtstrahlen, so wird die Möglichkeit des Lichttodes durch die Größe und die Hautbeschaffenheit der betreffenden Spezies weitgehend beeinflusst

Soweit ich es überblicken kann, ist — abgesehen vom Sonnenstich und verwandten Affektionen — der akute Lichttod unter natürlichen Bedingungen häufig bei Buchweizenzestieren beobachtet worden

Auch der reine Lichttod des sensibilisierten Menschen kann nach den uberaus bedrohlichen Erscheinungen, die *Friedrich Meyer Betz*⁴⁴⁾ im Selbstversuche bei Sensibilisation mit Hamatoporphyrin dargeboten hat, als sicher möglich angenommen werden

So sehen wir denn, wie das große Heilmittel Licht nicht nur krank machen, sondern auch toten kann. Doch steht hier das Licht keineswegs vereinzelt da, denn sehr viel Reize physikalischer oder chemischer Natur, die heilende Wirkungen entfalten, vermögen unter entsprechenden Bedingungen schwerste Schädigung und auch den Tod der betroffenen Lebewesen herbeizuführen

II

Bemerkungen zur Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge

Im Anschluß an das Referat über Licht und Krankheiten“ sei es gestattet, einige Bemerkungen über die Organisation lichtbiologischer Untersuchungen im Hochgebirge vorzubringen

Die grundlegenden Forschungen *Dorno's* über die ungemein großen Schwankungen der ultravioletten Strahlung im Hochgebirge

⁴⁴⁾ l c

in den verschiedenen Jahreszeiten machen es sehr wünschenswert, den Befunden *Dorno's fortlaufende* Untersuchungen über die Erythem erzeugende und pigmentierende Wirkung des Lichtes in den verschiedenen Jahreszeiten zur Seite zu stellen

Derartige Untersuchungen, die bei einer und derselben Versuchsperson an symmetrischen Körperstellen ausgeführt werden mußten, werden sich natürlich nur bei Personen machen lassen, deren Körper in der Regel keinen Lichtstrahlen ausgesetzt ist. Hierbei wäre vorteilhaft, die Wirkung ungefilterten Sonnenlichtes mit der Wirkung glasgefilterter Sonnenstrahlung zu vergleichen, die durch das Glas etwa bei $313\ \mu\mu$ abgeschnitten, bei $320\ \mu\mu$ geschwächt wurde, wie dies in Versuchen von *Jungling* der Fall war. Es wäre die Stärke des entstandenen Erythems und der Pigmentierung, ferner Zeitpunkt des Auftretens und des Vergehens festzuhalten. In derartigen Versuchen konnte auch die Zeit bestimmt werden, bis zu welcher die von *Finsen* entdeckte „Irritabilität“ der Hautgefäße nachweisbar ist.

Aus äußern Gründen konnte ich nur einen vereinzelt, ähnlichen Versuch im August 1923 auf der Stolzalpe bei Murau in einer Höhe von 1200 m u. M. beginnen. Noch über 9 Monate war nach einstündiger Bestrahlung am Abdomen noch Pigmentierung angedeutet. — Solche Versuche waren hier in Davos, bei der vorbildlichen Vereinigung physikalischer und biologischer Forschung leichter auszuführen als anderswo überhaupt. Abgesehen von diesen Versuchen konnten vergleichende Bestimmungen auch an Erythrozyten angestellt werden, ganz ähnlich, wie dies Herr *Bang* mit Bakterien empfunden hat.

Es ist ja besonders seit *Hasselbalch* bekannt, daß kurzweilige Strahlen hamolysieren. In einigen orientierenden Versuchen habe ich mich davon überzeugt, daß die Sonnenstrahlung schon in weit geringern Hohen als in Davos zu hamolysieren vermag. Nur muß die Blutkörperchenemulsion sehr verdünnt und die Beobachtung mindestens auf 12 Stunden nach dem Aufhören der Bestrahlung ausgedehnt werden. Man kann sich hierbei auch der von mir angegebenen Blutagarplatten vielleicht in der *Bang'schen* Versuchsanordnung bedienen. Auch hier mußten ungefilterte oder quarzpassierende Strahlen mit glasgefilterten verglichen werden.

Bei Verwendung roter Blutkörperchen ist auch die Möglichkeit gegeben, die biologische Wirksamkeit der verschiedenen Strahlenbezirke des sichtbaren Spektrums in den verschiedenen Jahreszeiten zu vergleichen, wenn photodynamische Substanzen zugesetzt werden, deren Wirkungsgebiet in den einzelnen Spektralbezirken genau bekannt ist.

Zum Schluß möchte ich nachdrucklich darauf hinweisen, daß das Kennnis der biologischen Wirkung isolierter Spektralbezirke noch keinen unbedingt bindenden Schluß darauf zuläßt, wie sich dieselben Bezirke in Strahlungsgemischen verhalten, da antagonistische Wir-

kungen verschiedener Strahlenbereiche bekannt sind*), ebenso wie Beeinflussungen biologischer Strahleneffekte durch andere Lichtstrahlen anzunehmen sind. Auch aus diesem Grunde scheinen mir die oben angedeuteten Versuche erforderlich zu sein.

*) *Anmerkung* Zuerst hat wohl *E. Hertel*⁴⁵⁾ gezeigt, daß beleuchtete chlorophyllkörperhaltige Infusorien bei kurzweiliger Bestrahlung weniger rasch eingehen als wenn die Bestrahlung im Dunkeln erfolgt.

Herr und Frau *Henry*⁴⁶⁾ fanden, daß die Verlangsamung der Photoplasmabewegung durch kurzweilige Strahlen eine geringere war, wenn zur selben Zeit mit sichtbarem Lichte bestrahlt wurde. *Heß*⁴⁶⁾ und seine Mitarbeiter sahen, daß die Wirkung der sichtbaren Strahlen die Heilwirkung ultravioletter Strahlen bei der Rachitis aufhebt.

*Leonhard Hill*⁴⁶⁾ wies kürzlich darauf hin, daß die immobilisierende Wirkung kurzweiliger Strahlen auf Infusorien bei Anwesenheit roten Lichtes wesentlich beeinträchtigt sein kann. *Harris*⁴⁶⁾ hat schließlich gesehen, daß die von ihm beobachtete Beeinflussung des Gesamtstoffwechsels durch kurzweilige Strahlen ebenfalls durch langweilige Lichtstrahlung herabgesetzt werden kann. Allerdings hat kürzlich *Leonhard Hill* sowohl seine eigenen Beobachtungen, ebenso wie die von *Harris*, als nicht stichhaltig erklärt.

⁴⁵⁾ Zeitschr. f. allgem. Phys. 1904/1905

⁴⁶⁾ Cit. nach *D. T. Harris* Proc. of the roy. soc. 1925 B Vol. 98 171

Heliotherapie bei chirurgischen Leiden

Von Dr O Bernhard St Moritz

Die direkte Sonnenbestrahlung, die Heliotherapie welche schon den Alten bekannt war und speziell bei den klassischen Völkern der Hygiene und Körperkultur, den Griechen und Römern, eine große Rolle gespielt hatte war während beinahe anderthalb Jahrtausenden aus dem Heilschatze ausgeschieden gewesen. Erst in jungerer Zeit, das heißt in den letzten 150 Jahren horte man von schuchternen Versuchen, die mit direkter Heliotherapie gemacht wurden.

So berichtet im Jahre 1845 der Zürcher Klimatologe und Balneologe *Meier Ahrens* in der Schweizerischen Zeitschrift für Medizin Chirurgie und Geburtshilfe unter dem Titel Kurze Mitteilung über das Klima des Davoser Tales im Kanton Graubünden dessen Heilsamkeit gegen Skrofulosis und die von Dr *Ruedi* gegründete Anstalt zur Heilung skrofulöser Krankheitsformen daß *Ruedi* damaliger Landschaftsarzt nie bei dort geborenen Kindern wohl aber bei Kindern von Davosern die im Ausland geboren und in die Heimat zurückgebracht worden waren die Skrofulosis in jeder Form zu beobachten hinreichende Gelegenheit hatte und daß er dann in Fällen von allgemein und sehr weit vorgeschrittener Skrofelkrankheit die merkwürdigsten Naturheilungen in unglaublich kurzer Zeit sah und war in allen Stadien und Formen bloß unter dem Einflusse der Veränderung und Verbesserung klimatischer und diätetischer Verhältnisse. So kamen Kinder schreibt *Ruedi* die im eigentlichen Sinne in Pflaster gewickelt oder solche die nur Kopf und Bauch waren oder solche die blind und lahm waren oder solche die an Phthisis in verschiedenem Grade litten. Von allen ist nichts übrig als Narben. Solche Fälle bewogen Dr *Ruedi* im Jahre 1841 eine Anstalt zur Pflege und Heilung von 16—20 skrofulösen Kindern in 5—6 Zimmern zu errichten. *Ruedi's* therapeutische Maßnahmen waren Strenge aber gemischte Diät wobei als Hauptnahrungsmittel die Milch fungierte. Genuß der freien Luft Sorge für Reinlichkeit besonders für Reinhaltung der Haut durch Bäder. Die schwächsten Kinder ließ er hinaustragen und ihren Tagesschlaf in freier Luft halten wobei er sie bloß durch Bedecken mit einem weißen Tuche vor den Sonnenstrahlen schützte. Ein Jahr machte aus diesen Kindern gleichsam andere Menschen zwei drei Jahre haben jede Spur von Kranksein verwischt. Mangel an sinnlichen Kräften einerseits *Ruedi's* ausgebreitete Praxis andererseits waren schuld daß diese Anstalt einging und bald vergessen wurde. Dieser wie *Meier Ahrens* ihn beschreibt erfahrene höchst bescheidene anspruchslose schon jahrelang im stillen ohne allen Pomp Gutes wirkende Landarzt hatte also schon vor 80 Jahren versucht Tuberkulose mit dem Hochgebirgsklima zu heilen. Es ist interessant festzustellen daß der *Tungenlurt* Davos als Kurort eigentlich mit der *chirurgischen Tuberkulose* debutiert hat.

Die eigentliche Wiedergeburt erlebte die Heliotherapie aber erst vor ca 25 Jahren und wiederum im Hochgebirge Graubündens im damaligen kleinen Oberengadiner Kreisspital in Samaden 1750 m u M

Im Jahre 1902 wurde von mir das starke Licht der Berge als einer der wichtigsten therapeutischen Faktoren des Hochgebirgsklimas in die Therapie eingeführt

Gestützt auf die Erfahrung daß seit uralten Zeiten der Graubündner Bergbauer frisches Fleisch durch Aussetzen in Luft und Sonne konserviert und angeregt durch die Arbeiten und Erfolge *Finsens* kam ich auf den Gedanken neben der reinen austrocknenden Hohenluft welche ich schon jahrelang vorher nicht nur zur Behandlung der Lungentuberkulose (Liege luftkur) sondern auch zur Behandlung der chirurgischen Tuberkulose mit bestem Erfolge benutzt hatte noch die *direkte* Anwendung der bakteriziden und anregenden Wirkung der an ultravioletten Strahlen so reichen *Hohen sonne* an die bisherige Therapie der Tuberkulose und speziell der chirurgischen anzuschließen

Den äußeren Anlaß dazu hatte mir eine große schlecht granulierende und stark sezernierende Wunde die aller Behandlung trotzte gegeben. Der Erfolg war schon nach wenigen Bestrahlungen ein solcher daß ich mich entschloß die direkte Sonnenlichtbehandlung dann auf Wunden aller Art worunter hauptsächlich solcher tuberkulöser Natur anzuwenden. Letztere reagierten auf die Bestrahlung so günstig daß bald auch Fälle von *geschlossener* chirurgischer Tuberkulose an die Reihe kamen

Auf Grund meiner Publikationen und ermuntert durch meine im Engadin mit dieser Methode erzielten überraschenden Erfolge hat dann im Jahre 1904 *Rollier* in Leysin in den Waadtlander Alpen 1300 m u M eine Klinik zur ausschließlichen Behandlung der chirurgischen Tuberkulose durch Heliotherapie eröffnet

Hatte man nun auch schon früher und an verschiedenen Orten das Sonnenlicht speziell für chirurgische Zwecke z B zur Heilung von Wunden und zur Behandlung der chirurgischen Tuberkulose herbeigezogen so war es bisher doch nur in einem engen bescheidenen Rahmen geschehen und diese Therapie hatte kein weiteres Echo gefunden. Erst die mit der Heliotherapie im Hochgebirge Graubündens und des Waadtlandes erzielten schonen und augenfälligen Erfolge haben die ärztliche Welt so recht auf diese Heilmethode aufmerksam gemacht und zu deren Verbreitung beigetragen. Man darf ruhig sagen daß die Heliotherapie aus den Bergen in die Ebene heruntergestiegen ist. Sie hat dann auch die *Licht therapie überhaupt* speziell aber in der Chirurgie und bei der Behandlung der Tuberkulose zum Siege verholfen

Die Indikationen für die Heliotherapie chirurgischer Affektionen und Leiden mochte ich folgendermaßen zusammenfassen

1 Wunden

- a) rein traumatische, wo man von vornherein auf eine primäreunion verzichten muß (Schußverletzungen, Riß und Quetschwunden usw),
- b) auf Zirkulationsstörungen oder trophischen Nervenstörungen beruhende (Ulcer cruris, Mal perforant du pied),
- c) Brand und Frostwunden, Wunden infolge von Verätzung, Röntgenverbrennungen,
- d) Wunden durch Infektion (Phlegmonen, Panaritien, Furunkel, Karbunkel, Bubonen, jauchige und sonst langwierige Abszesse wie perityphlitische, Mastitiden, Fisteln nach Empyemen usw)

2 Osteomyelitis

- 3 Knochenbrüche
- 4 Syphilitische Geschwüre, welche trotz spezifischer Behandlung wenig Heilungstendenz zeigen
- 5 Hautkarzinome
- 6 Das große Gebiet der chirurgischen Tuberkulose
- 7 Rachitis

1 *Wunden* Die Sonnenlichtbehandlung zeigt sich da am wirksamsten, wo es sich um eine mangelhafte Energie, um eine *Atonie* in der Wundheilung handelt, sei es infolge allgemeiner Schwäche des verwundeten Individuums oder infolge schlechter lokaler Ernährungsverhältnisse vaskularen oder nervösen Ursprungs dann nach schweren Infektionen oder nach intensiven physikalischen (Quetschungen, Verbrennungen, Erfrierungen) und chemischen (Verätzungen) Schädigungen des Gewebes Hier ist die Sonne das beste und natürlichste Reizmittel, um die Tätigkeit der schwer geschädigten Zellen wieder anzuregen und den Heilungsprozeß zu beleben, während sie anderseits krankhafte Zellen worunter auch wucherndes Granulationsgewebe zu verstehen ist, schädigt resp in Schranken hält

a) *Schuß- Riß und Quetschwunden* Hier ist mir oft aufgefallen wie unter dem belebenden Einfluß des Sonnenlichtes scheinbar ganz zerstörtes Gewebe sich wieder erholt hat wie die Grenze des vermeintlich Toten sich viel weiter nach der Peripherie verschob als man jeweils zu hoffen gewagt hatte, und wie bald nach Abstoßung der nekrotischen Partien durch eine gesunde, kraftige Granulationsbildung bei geringer Eiterung die Restitution sich einstellte Oefters konnten namentlich an Händen und Füßen, ganz schwer verletzte Teile von denen man anfanglich glauben mußte, sie seien der Amputation verfallen, dank der Sonne erhalten werden

Die Wunden werden entbloßt und entweder im Freien auf der Veranda, oder sonst im Krankenzimmer am offenen Fenster bis zu mehreren Stunden täglich, allmählich mit der Expositionszeit steigend, der Sonne ausgesetzt und in bedeckten Tagen auch nur der Luft, bezw dem diffusen Tageslicht Wenn es nötig wird, werden sie durch einen dünnen Mullschleier gegen Staub oder Fliegen geschützt, sonst aber ganz bloß gelassen Ich wende die Sonne als solche an, ohne Konzentrierung der chemischen Lichtstrahlen und ohne Filtration der Warmestrahlen nach *Finzen* denn ich will alle Komponenten der Sonne, chemische Wirkung, Licht und Wärme ausnutzen Ich besonnte zum erstenmal die Wunden 15—20 Minuten lang, je nach ihrer Ausdehnung, um jeden folgenden Tag, je nach der Toleranz um 10 bis 20 Minuten zu steigen bis zu 3—6 Stunden

Ich halte viel auf eine langdauernde Bestrahlung und Luftaussetzung der Wunden, und da es sich hier in den meisten Fällen nur um eine lokale Besonnung handelt brauchen wir mit der Steigerung in der Dosierung nicht so angstlich zu sein wie beim Vollsonnenbad Nach der Besonnung bleiben die Wunden der Luft ausgesetzt

Die Wunden werden unter dem Sonnenbad bald rein und trocken, die Granulationen feinkörniger und frischer, ja selbst stark sezernierender Geschwüre und Wundhöhlen, welche sonst einen mehrmaligen Verbandwechsel am Tage erheischen ohne daß es gelingt das eitrige Sekret von der Wunde vollständig zu entfernen trocknen auf diese Weise in kurzer Zeit aus. Auffallend ist auch, wie bei übel riechenden Wunden das Sekret bald geruchlos wird und einer „*secretio bona et laudabilis*“ Platz macht. Die Wundfläche schwitzt ein klares Serum aus (Selbstwaschung der Wunde), das zu einer glänzenden, feinem Pergament ähnlichen, fibrinartigen Haut eintrocknet welche gewöhnlich 24—32 Stunden halt.

Interessant ist auch, wie sich tiefe Taschen und Höhlenwunden, ebenfalls nach Ausfließen von klarer Lymphe, durch rasches Eintrocknen derselben und Verkleben bald schließen was eine Drainage in der Mehrzahl der Fälle überflüssig macht.

Neben dieser energischen Sanierung der Wunden übt das Sonnenlicht auch eine große *schmerzstillende* Wirkung aus.

Mitunter findet eine eigentümliche Verhartung des Ueberzuges statt. Er bekommt ein hornartiges, dickem, altem Pergament gleichendes Aussehen, so daß die Patienten oft ohne weiteren Verband sich in den Kleidern bewegen können. Infolge einer solchen übermäßigen Austrocknung verzögert sich die Heilung der Wunde und die Verkleinerung derselben macht dann nur geringe oder keine Fortschritte. So muß der Fibrinschorf an verschiedenen Stellen gelöst werden, um die Wunde wieder „arbeiten“ zu machen. Dies ist die einzige und gewiß nicht hoch anzurechnende Unannehmlichkeit welche wir bei unserer Methode erlebt haben.

Comrad Brunner der sich sehr früh mit Interesse der Heliotherapie der Wunden angenommen hatte faßt den Heilungsvergung als eine Heilung unter dem Schorfe unter günstigen Bedingungen auf und sagt: „das Sekret trocknet bei der starken Verdunstung rasch ein und unter der schützenden Decke des Schorfes schiebt sich der Epithelsaum über die schrumpfende Granulationsfläche hinweg.“

Andere Chirurgen, welche ebenfalls das Sonnenlicht zur Wundbehandlung anwenden, weichen diese Schorfe jeweilen mit Borwasser oder Wasserstoffsuperoxyd auf wieder andere empfehlen, aber Nicht einen feuchten Umschlag aufzulegen, was mir nicht einleuchtet und auch überflüssig erscheint. Ich verstehe nicht, daß man am Tage die Trockenwirkung erzielen will, um sie in der Nacht durch Anwendung von Feuchtigkeit wieder aufzuheben.

Über Nacht, oder zu Zeiten wo die Wunden nicht der Sonne ausgesetzt werden, bedecke ich sie mit einer aseptischen Gaze Kompresse, die ich mit Heftpflasterstreifen oder einigen Bindetouren befestige, oder ich schütze sie mit eigens dazu konstruierten Drahtkorben von verschiedener Größe gegen die Reibung von Bett und Kleidern.

Ich lasse ein feines Drahtgewebe auf Drahtrohren von mehr oder weniger großem Kaliber je nach der Größe des Korbes anziehen. Am

Drainrohre werden Oesen angebracht zum Durchziehen von Bandern zur Befestigung des Korbes. Außer diesen Drahtlörben verwende ich auch und namentlich bei großen Knie_wunden oder auch wenn ich größere Fleischwunden durch einen gefensterten Gipsverband ruhigstelle Drahtgestelle und wiederum bei den Gipsverbänden der offenen Knochenbrüche Drahtbogen (Brücken_gipsverband). Darüber kommt wie schon oben erwähnt zum Schutze der Wunde gegen Staub oder Fliegenplage was bei uns während des langen Winters natürlich ganz wegfällt ein dünner Mullschleier. Lmpfehlenswerte Schutzvorrichtungen für die Wunden bei der Sonnenlicht- und offenen Wundbehandlung sind auch der von *Hartel* angegebene Drahtschmetterling der Dachpappenring nach *Krug* und die Verbandringe von *Locher*. Ich verweise hierbei auf die betreffenden Publikationen.

Solange Wunden und Fisteln noch stark sezernieren, was zwar bei der Sonnenlichtbehandlung gewöhnlich nicht lange dauert, wird über Nacht eine entsprechend dicke Schicht steriler Gazekompressen aufgelegt.

Vom *Lister* sehen Okklusivverband, im engeren Sinne, bin ich bei eiternden oder jauchigigen Wunden ganz abgckommen. Warum sollen wir das Sekret infizierter Wunden in dicken Verbänden zu Pfützen aufstauen, damit es sich wie in Brutkammern unter verstärkter Bakterienentwicklung zersetze. Wir leisten hier mit der Sonnenluft-Behandlung entschieden Besseres. Hingegen sollen wir uns aber auch hüten, zu weit zu gehen und diese offene Wundbehandlung auch auf Operationswunden oder sonst auf frische, nicht infizierte Wunden auszudehnen. Solche befinden sich nach wie vor besser unter dem Okklusivverbande.

Für die Patienten kann auch der Vorteil des selteneren Verbandwechsels nicht genug eingeschätzt werden, namentlich in psychischer Hinsicht, da dadurch viel Schmerz und Angst vor Schmerzen wegfällt. Für sie oder den Fiskus kommt noch die große Ersparnis in Verbandsmaterial in Betracht.

Sekundäre Infektionen habe ich bei dieser Methode nie gesehen, wir wissen ja daß intakte Granulationen dem Eindringen von Faulnisorganen, also von Spiltpilzen usw., in den Organismus einen wesentlichen, sehr bedeutenden Widerstand entgegensetzen. Ein genaues Beobachten der Wunden und ein sorgfältiges von richtigem chirurgischem Denken geleitetes Vorgehen ist aber auch bei der Sonnenlichtbehandlung von Wunden Bedingung.

Von großem Werte ist diese Sonnenlichtbehandlung bei solchen granulierenden Wunden (z. B. Brandwunden, *Ulcer cruris*), wo noch Epithelinseln da und dort übrig geblieben sind welche, wenn die Wunde feucht bleibt und stark sezerniert, meistens mazeriert und weggeschwemmt werden. Daß die Erhaltung solcher Hautinseln für die Heilung der Wunde von großem Wert ist braucht nicht erst gesagt zu werden.

Eine merkwürdige Erscheinung bei dieser Behandlung ist, daß auf granulierenden Wunden wo man keine Spur mehr von Epithel sah nach einigen Tagen sich plötzlich da und dort ein kleines Inselchen zeigte. Es scheint, daß kleinste, übriggebliebene, unsichtbare

Epithelpartikelchen durch die Sonne wieder belebt und zur Tätigkeit angeregt worden sind. Bei großen Schleimhautwunden, die ich besonnt habe, z. B. bei alten Geschwüren am Muttermunde (mittels Cusco Specula) habe ich auch den Eindruck gewonnen, daß Epithelzellen aus der Nachbarschaft zuweilen in die Wunde angeschwemmt werden, dort bei der Eintrocknung unter der Sonne haften bleiben und dann wachsen. Nur so kann ich mir die Erscheinung erklären, daß auf einmal mitten in einem großen, alten Geschwür eine oder mehrere Epithelinseln sich auftun, in eine Umwandlung von Granulationen in Epithel wird heute wohl niemand mehr glauben.

Durch die Experimente von *Unna* *Moller* *Grund* u. a. wissen wir, daß das Licht einen großen wachstumsfördernden Einfluß auf die Horngebilde, Nagel, Haare und Epidermis, ausübt. Diese Hypertrophie der Epidermis unter dem Lichteinfluß zeigt sich auch in einer kräftigeren Epithelisierung der Wunden, welche in den meisten Fällen ja auch in solchen, wo man geradezu versucht gewesen wäre zu transplantieren, zu einer guten elastischen Vernarbung ohne Narbenkontraktur führt, namentlich wenn man während der Heilung noch durch orthopädische Maßnahmen Streckung usw. einer solchen vorbeugen strebte. So zeigte sich z. B. bei einem Falle von Bursitis olecrani septica mit großem Hautdefekt und ebenfalls bei einem solchen über der Patella infolge von Trauma keine Spur von Kontraktur, trotzdem sie hier sehr zu befürchten war, auch blieben Kontrakturen öfter bei schweren Brandwunden am Halse oder in der Nähe von Gelenken aus.

Ich habe immer wieder den Eindruck, daß sich unter der Besonnung der von den Wundrändern ausgehende Epidermisausschlag schneller verbreitet als sonst, auch ist er kräftiger und von intensiverem bläulich violetterem Kolorit. Dasselbe konstatierte auch *Goldammer*, indem er schreibt: „Bei alten Wunden sind nach zwei oder drei Sitzungen die schwammigen Granulationen verschwunden und geradezu mit dem Zentimetermaß von Tag zu Tag meßbar, schiebt sich von allen Seiten das Epithel vor.“

Diese Anregung der Epidermisierung durch das Sonnenlicht unterstützt auch sehr die *Hauttransplantationen*, sei es bei der *Reverdin*-schen Epidermispfropfung, bei den Transplantationen von Hautlamellen nach *Thiersch* oder von Lappen der ganzen Haut nach *Krause*. Stets zeigt sich ein rasches, inniges Ankleben der transplantierten Hautstücke an die trockene, granulierende Wundfläche und lebhaftes Sprießen von Epithelzellen von den Transplantaten aus.

Die Wirkung der Besonnung auf die Wunden ist aufzufassen als eine direkte aktinische Schädigung der Mikroorganismen und ihrer Toxine, als eine ebenfalls auf aktinischem Einfluß beruhende Anregung der Epithelisierung als eine wahrscheinlich auch den chemischen Strahlen zukommende analgetische Wirkung, sodann als eine durch aktive Hyperämie bedingte Besserung der lokalen Ernährungsverhältnisse, die sich in zahlreichen gesunden Granulationen kundgibt, und als eine infolge Austrocknung und somit Verschlechterung

des Nihilbodens indirekt bakterienschädigende Wirkung. Ferner durften durch die von der strahlenden Wärme erzeugte tiefgehende Hyperämie den Heilungsprozeß günstig beeinflussenden Stoffe des Sciums angehauft werden.

Unterstützt wird diese Sonnenwundbehandlung bei uns noch besonders durch die trockene Luft des Hochgebirges.

Im letzten Weltkrieg wurde die Sonnenlichtbehandlung der Wunden wieder intensiv aufgenommen. Ich selbst habe im Auftrag des Sanitätsamts des Badischen Armeekorps im Bad Dürheim (Bad Schwarzwald 720 m u. M.) im Jahre 1915 eine Sonnenheilanstalt für verwundete und kranke Krieger eingerichtet. Die Erfolge derselben waren sowohl bei der Behandlung von Wunden mit schlechter Heiltendenz als bei der chirurgischen Tuberkulose vorzüglich. An die erste Anstalt schloß sich noch andere Militär Sonnenlazarette auf dem Dürheimischen Hochplateau an und in der Folge kamen zu dieser Spezialbehandlung Verwundete und Kranke aus der ganzen deutschen Armee dorthin. Instinktiv fühlten die Patienten die Wohltat der Sonne und sie drängten sich an jeden Sonnenstrahl. Lebenslust und Wille zum Gesundwerden erstarkten und es zeigte sich bei diesen Sonnenpatienten wenn sie auch noch so schwere Wunden aufwiesen eine viel bessere psychische Verfassung als man sie bei ungefähr gleichschwer Verletzten in den gewöhnlichen Lazaretten und in den Spitälern beobachten konnte.

b) *Varicose Geschwüre und solche trophoneurotischer Natur*

Die Sonnenlichtbehandlung gibt speziell beim Ulcus cruris und beim chronischen Ekzem infolge von Varizen gute Resultate. Unter ihrem Einfluß werden die lokalen Ernährungsverhältnisse gebessert, die infolge von Stauung entstandene, chronisch seröse Infiltration der Haut geht zurück, durch Verminderung der Schmerzen und des Juckreizes fällt das schädliche Kratzen weg und das Ekzem verschwindet allmählich. Tiefgreifende Ulcera werden unter der Sonne von ihrem schmerzigen Belag gereinigt, verlieren ihren torpiden Charakter, schöne Granulationen sprossen hervor, die Kallositäten der Ränder flachen sich ab und die Geschwüre überhüten sich schneller als bei jeder anderen Methode. Daß die Sonnenbehandlung unter der üblichen Hochlagerung des Beines stattfindet und durch Anlegung elastischer Binden unterstützt wird, ist selbstverständlich. Dieselbe gute Wirkung der Sonnenbestrahlung sah ich auch bei jenen tiefgehenden Geschwüren an der Fußsohle oder den Zehen bei Tipes, dem „Mal perforant du pied“, und ebenso bei Druckgeschwüren infolge schwerer Nervenverletzungen.

c) *Verbrennungen, Erfrierungen, Verätzungen und Röntgenverbrennungen*. Bei großen und eiternden Wunden nach einer Verbrennung II oder III Grades oder nach Verätzungen durch Säuren und Alkalien ist die Sonnenbehandlung meistens von großem Segen. Die Wundflächen reinigen sich bald durch Abstoßung des nekrotischen Gewebes und bedecken sich mit einem feinen Fibrinhäutchen, das sie unempfindlich macht. Bei für die Patienten so peinliche Verbandwechsel fällt größtenteils weg. Unter der Fintrocknung bleiben da und dort noch Epithelschollen erhalten die, unterstützt von kräftig wachsendem Epithelium den die Wundränder liefern, eine verhält-

nismaßig rasche Ueberhautung und eine gute, weiche und elastische Vernalbung besorgen

Auch bei den so gefürchteten Röntgenverbrünnungen habe ich bisweilen sehr gute Erfolge gehabt. Es gelang der Sonne, allerdings erst nach wochenlanger Anwendung den Schaden, den die Röntgenstrahlen verursacht hatten, wieder gutzumachen. Bei schweren Zerstörungen durch Röntgenstrahlen versagt aber auch die Heliotherapie meistens. Ihre Reizwirkung vermag in dem zerstörten Gewebe keine Heiltendenz mehr hervorzurufen. Es ist, als ob die Röntgenstrahlen mit jeglicher Vitalität in dem von ihnen betroffenen Gebiet grundlich aufgeräumt hätten.

d) *Wunden durch Infektion*. Bei Wunden durch Infektion ist die Heliotherapie ein vorzügliches postoperatives Hilfsmittel, welches den Heilungsprozeß sehr abkürzt. Gangränöse Partien bei Phlegmonen und Karbunkeln stoßen sich leichter und rascher als sonst ab, die Höhlen und Krater füllen sich bald mit guten Granulationen aus. Große, jauchige perityphlitische und enorme subphrenische Abszesse, ferner langwierige Mastitiden, deren Inzisionswunden und Fisteln einfach nicht versiegen wollten, habe ich merkwürdig rasch unter der Einwirkung der Sonne ausheilen sehen. Die Sekretion nimmt sofort nach den ersten Bestrahlungen ab, das Sekret bessert sich, und bald zeigen sich schöne, gesunde Granulationen. Aeußerst ubelriechende Wunden verlieren früh, oft nach 1—2 Tagen, ihren Geruch, namentlich frappant zeigt sich dies bei durch *Bacterium coli commune* erzeugten Infektionen.

2. *Osteomyelitis*. Bei der akuten atypischen Osteomyelitis habe ich einige zweifellos diagnostizierte Fälle unter lokaler und allgemeiner Insolation mit gleichzeitiger Immobilisation ausheilen sehen, ohne daß es zu einer Operation kam. Dies sind aber Ausnahmen. Gewöhnlich benutze ich das Sonnenlicht post operationem. Da hat es sich stets als ein die Heilung sehr förderndes Hilfsmittel erwiesen. Ich lasse die Sonne ausgiebig in die eröffnete Markhöhle hineinscheinen.

In den letzten Jahren hatte ich öfters Gelegenheit, Patienten mit multiplen Lokalisationen chronischer, purulenter Osteomyelitis zu behandeln, welche infolge ihrer Krankheit und vielfacher chirurgischer Eingriffe sehr heruntergekommen waren. Manche derselben meistens waren es Knaben, machten den Eindruck von Patienten, die an multipler chirurgischer Tuberkulose leiden, hatten nicht die mikroskopische Untersuchung und der Tierversuch die Osteomyelitis zweifellos festgestellt. Auch hier zeigte sich die Sonnenbehandlung sehr nützlich. Tiefgehende Fisteln versiegten allmählich und schlossen sich. Neue Herde in der Markhöhle traten selten mehr auf, und Aufmeißelungen oder Knochenpunktionen wurden weniger notwendig. Meistens ging ich nur dann auf den Herd los, wenn er in der Epiphyse und in Gelenknahe saß. Hin und wieder mußten noch peristale Abszesse geöffnet werden. Ich bekam den Eindruck, daß die Lokalisationen resp. die Eiterherde oberflächlicher wurden, daß mehr

periostalen Charakter annahmen. Samtliche Patienten haben ihre chronische Septicämie überwunden und sind ausgeheilt. Seren werden keine angewandt. Einige solcher Fälle habe ich gegenwärtig noch in Behandlung.

3 *Knochenbrüche* Bei schwer heilenden Knochenbrüchen übt das Sonnenlicht auf die Callusbildung einen fordernden Einfluß aus. Damit dürfte auch die Beobachtung französischer Militärärzte übereinstimmen, daß Verwundete mit Knochenbrüchen, welche in den Ecken der Baracken gelegen hatten, wo die Sonne nicht hinkam, bedeutend langsamer heilten als solche, deren Betten der Sonne ausgesetzt waren. Speziell günstig im Sinne der Callusbildung erwies sich mir die Besonnung von komplizierten Frakturen, wobei ich die Knochenwunde direkt bestrahle. Hier wirkt die Sonne außer durch Anregung der Callusbildung auch günstig auf die Wundheilung als solche.

4 *Syphilitische Geschwüre* Bei torpiden syphilitischen Geschwüren, welche trotz vorausgegangener oder gleichzeitiger spezifischer Behandlung eine geringe Heilungstendenz zeigen, wende ich immer als ein die Heilung unterstützendes Mittel auch die Sonnenbehandlung an. Meistens saubern sich die schmierigen Wundflächen bald, die Infiltration der Geschwürränder geht zurück, die Ränder werden flacher und beginnen einen Epithelsaum zu bilden, worauf sich die Wunde allmählich überhautet. Am schönsten sieht man diese auffallende Besserung an den sonst so langwierigen und hartnäckigen, zerfallenen und verschwarteten Gummien des Unterschenkels mit ihren, oft wie mit einem Lochseisen herausgeschlagenen, tiefen Geschwüren.

5 *Hautkarzinome* Wenn wir von Karzinomen und deren Behandlung mit Sonnenlicht sprechen, so kann es sich natürlich nur um Epitheliome der Haut handeln, und jedenfalls kann man, wenn man von einer blutigen Operation absehen will, durch Anwendung von Röntgenstrahlen und anderer starker Lichtquellen oder von Substanzen von großer aktinischer Potenz einen schnelleren Erfolg erzielen. Ich persönlich bin bei der Therapie der Karzinome ein absoluter Anhänger des Messers und wende die Sonnenbehandlung nur als eine unterstützende nach der Operation an. Ich habe öfters nach Operationen von Haut- und Mammakarzinomen die offene Wundfläche oder auch das durch die Naht geschlossene Operationsgebiet nachträglich intensiv der Sonne ausgesetzt, und den Eindruck gewonnen, daß dadurch Rezidive verhütet werden. Es ist sicher nicht von der Hand zu weisen, daß die Sonne imstande sei, zurückgebliebene Krebsnester zu zerstören. So fand Hochenegg, daß nach energischer Sonnenkur die für die Disposition zur Karzinose charakteristische Freund'sche Reaktion verschwindet.

Heilungen von Hautkarzinomen rein nur durch Sonnenlicht verzeichnen Hirschberg (Frankfurt) bei welchem durch einen Aufenthalt in Caux nur unter dem Einfluß der Sonne ein Epitheliom am

eigenen Ohr abheilte und *Widmer* (Zofingen) welcher bei einer 80 jährigen Frau ein Karzinom am Handrücken und bei einem 73 jährigen Mann ein solches an der Nase heilen sah. Im letztern Falle war vom pathologischen Anatomen *Langhans* (Bern) an einem Probekavitationspräparat die Diagnose auf Plattenepithelkrebs zweifellos festgestellt worden.

6 *Chirurgische Tuberkulose* Die größten Triumphe feiert die Sonnenlichtbehandlung bei der chirurgischen Tuberkulose namentlich im Hochgebirge, unterstützt auch durch dessen andere klimatische Faktoren.

Die chirurgische Tuberkulose ist heute das Gebiet der Sonnenlichtbehandlung. Sie ist der frühern radikal operativen Therapie zum größten Teil entzogen und der Domäne des Klimatherapeuten und Orthopäden eingereicht worden. Es hatte lange Zeit gedauert bis die Erkenntnis sich Bahn gebrochen hatte, daß die Tuberkulose, wenn sie sich auch häufig nur in einzelnen Lokalisationen sichtbar macht ein *allgemeines Leiden* ist. Die Therapie der Tuberkulose, in welchem Organ sie sich auch zeigen mag, darf daher nie nur allein auf das lokale Leiden gerichtet sein sondern sie muß zu gleicher Zeit eine allgemeine und roborigierende des tuberkulösen Individuums sein. In diesem Sinne habe ich schon vor bald 40 Jahren die klimatisch diätetische Behandlung welche sich schon viele Jahre lang bei der Lungentuberkulose so außerordentlich gut bewährt hatte auch für die übrige Tuberkulose gefordert.

Nachdem ich die Freiluftkur bei der chirurgischen Tuberkulose fast zwei Dezennien mit bestem Erfolg durchgeführt hatte, habe ich dann im Jahre 1902 wie früher bemerkt diese klimatisch diätetische Therapie noch als weiteres Heilagens die direkte Besonnung beigelegt. Diese Behandlung ist bald Allgemeingut geworden dank der überraschenden und unerwarteten Erfolge.

Die Wirkung der Freiluft und Sonnenkur auf die chirurgische Tuberkulose ist sowohl eine allgemeine als eine örtliche. Die Gesundung des Körpers und die Heilung der Herde gehen neben einander vor sich. Auffallend ist oft die rasche Aenderung des Allgemeinbefindens und die bedeutende Gewichtszunahme. Bei fiebernden Patienten namentlich bei solchen mit Mischinfektionen tritt fast ausnahmslos bald eine totale *Entfieberung* ein die dann drückenden Normaltemperaturen Platz macht. Sehr bald zeigt sich auch die *analgetisierende* Wirkung der Insolation die Schmerzen hören auf, die Patienten kommen zur Ruhe. Der leidende Ausdruck verschwindet und weicht einem gesunden frischen und frohlichen. Nach einigen Monaten sind Kinder die fast zum Skelett abgemagert mit gräuischem Ausdruck leidendem Blick welcher schlaffen hangender Haut und dabei oft mit infolge von Atonie der Darmmuskulatur unmaßig aufgetriebenem Bauch zur Behandlung kamen, kaum mehr zu erkennen. Die schon gebräunte Haut hat ihren gesunden Turgor wieder erhalten und der Körper durch Fettsatz und Kräftigung

der Muskulatur seine normale Form wieder angenommen. Man sieht ganz überraschende Gewichtszunahmen und hat wieder frische vergnugte und gesunde Kinder vor sich. Aber auch bei Erwachsenen, selbst bei alten Leuten, sieht man ganz auffällige Veränderungen im Allgemeinbefinden in verhältnismaßig kurzer Zeit natürlich aber gewöhnlich nicht so augenfällig wie bei dem leicht reagierenden kindlichen Organismus. Hand in Hand damit geht die Besserung und Heilung der Lokalerden.

Knochen und andere Fisteln versiegen oft nach spontaner Elimination von Sequestern. Die erkrankten Gelenke zeigen wieder normale Konturen und oftmals auch vollständige Wiederkkehr ihrer normalen Funktion.

Entsprechend der lokalen und allgemeinen Anwendung des Sonnenlichts haben wir es auch mit lokalen und allgemeinen Wirkungen zu tun und dabei kommen sowohl die Wärme- als die chemischen Strahlen in Betracht. Die lokale Wirkung des Lichts dürfte sich folgendermaßen äußern:

Bei den oberflächlichen Formen und der offenen mit Wunden und Fisteln einhergehenden chirurgischen Tuberkulose wirkt das Licht aktinisch wahrscheinlich direkt bakterizid und thermisch durch Austrocknung indirekt bakterienschädigend. Ferner regt es eben falls durch aktinischen und wahrscheinlich auch durch thermischen Einfluß die Epithelisierung der Wunden und Geschwüre an. Sodann dürfte die von der strahlenden Wärme erzeugte tiefgehende Hyperämie, ähnlich wie die Bier'sche Strömung, durch Anhäufung von günstig wirkenden Stoffen des Blutserums den Heilungsprozeß beeinflussen.

Für tieferliegende Herde namentlich für die geschlossene Tuberkulose kommt hauptsächlich eine aktinisch erzeugte reaktive Entzündung am Krankheitsherde in Betracht, welche die pathologischen Zellen zerstört und zu einer starken Bindegewebsneubildung führt.

Hier ist eine Erklärung schwieriger. Es gibt manche Fragen, die noch der Lösung harren. Es würde zu weit führen, auf alle dies bezüglich schon aufgestellten Theorien einzugehen. Die wissenschaftliche Begründung der Heliotherapie ist ja erst im Werden begriffen, einstweilen müssen wir uns in der Hauptsache noch mit den klinischen Beweisen begnügen.

Zu den letzten gehört auch noch folgende sehr wichtige Feststellung, nämlich daß wir bei der Sonnenlichtbehandlung nur ausnahmsweise die sonst so gefürchteten *Rezidive* sehen und daß es sich bei den Heilungen gewöhnlich um *dauernde* handelt. Ein Wiederaufflackern der Krankheit an der einmal ausgeheilten Stelle oder das Auftreten neuer Herde ist selten. Luft und Sonne haben den Organismus nicht nur gestärkt und mit Schutzkräften für einen erfolgreichen Kampf gegen die Krankheitserreger versehen sondern ihn auch noch bei diesem Siege durch Bildung von Immunstoffen für die Zukunft gewappnet.

Von meinen ersten 1000 mit Heliotherapie behandelten Fällen von chirurgischer Tuberkulose sind geheilt 858 wurden gebessert 120 blieben ungebessert 14, starben 8, gleich 0,8% Von den ungebesserten starben später noch 6 infolge ihrer Tuberkulose Mortalität inklusive Spätmortalität 14, das ist 1½%

Während den ersten 10 Jahren Heliotherapie habe ich mich auf die lokale Bestrahlung der Krankheitsherde beschränkt, außer in Fällen von zahlreichen disseminierten Herden, wo ich selbstverständlich gleich von Anfang an das Vollsonnenbad anwende.

Das kranke Organ, bzw. die betreffende Region allein wurde entblößt, während der übrige Körper je nach der Lufttemperatur mit einem mehr oder weniger warmen Hemd oder mit einem luftigen Morgenanzug bekleidet oder mit Decken bedeckt wurde. Den Kopf schützten sich die Kranken durch große, leichte, weiße Hüte aus Stoff oder durch Sonnenschirme, die am Bett oder Liegestühle festgemacht werden, und die Augen durch dunkelgelbe Schutzbrillen, die ähnlich den Autobrillen so gewölbt sind, daß auch die seitlich ins Auge fallen den Lichtstrahlen möglichst abgehalten werden.

Nach dem psychophysischen Gesetz ist die Unterschiedsempfindlichkeit um so geringer, je höher die bestehende Einwirkung bereits ist, oder, um ein alltägliches Beispiel zu geben, der Gewinn oder Verlust eines bestimmten Betrages macht einen um so geringeren Eindruck je mehr die betreffende Person schon besitzt. Die Wirkung auf den Krankheitsherd als solchen, und sei derselbe auch die Äußerung eines Allgemeinleidens ist demnach bei der lokalen Bestrahlung eine intensivere als beim Vollsonnenbad. Dieser Lehrsatz blieb für mich maßgebend.

Da ich mit der Zeit immer mehr die Einsicht gewann, daß bei der Heliotherapie die Pigmentbildung eine sehr wichtige Rolle spielt, und gestützt auf die bekannten Versuche von *Schlapfer* bin ich dann auch zum Vollsonnenbad übergegangen. *Schlapfer*¹⁾ leistete den experimentellen Nachweis, daß das Blut bei der Belichtung Lichtenergie aufnimmt, die es im Dunkeln wieder an die photographische Platte abzugeben vermag, also photoaktiv wird, wobei der Schluß nicht fern liegt, daß das Blut diese aufgenommene Energie im Innern des Organismus wieder an die Organe abgeben und so vielleicht einen Einfluß auf Funktionen tiefer liegender Organe und deren pathologische Prozesse ausüben könne.

Gewöhnlich beginne ich, meinem alten Grundsatz treu bleibend, mit der Lokalbehandlung des Krankheitsherdes oder eines Hauptherdes, um durch das Licht vorerst reizend und entzündungserregend einzuwirken, und gehe dann später allmählich zur allgemeinen Bestrahlung über um möglichst viel Pigment zu erzeugen und dem Blut möglichst viel Strahlenenergie zuzuführen.

¹⁾ Später hat *Schlapfer* allerdings seine Versuche wiederholt und ist zu andern Schlüssen gekommen (laut Mitteilung von Prof. *Stachelin* Basel anlaßlich der Diskussion).

Meine Erfahrungen mit der Behandlung der chirurgischen Tuberkulose stützen sich auf über 1500 Fälle, welche das ganze Gebiet derselben betreffen

- 1 Hauttuberkulose
- 2 Tuberkulose der Lymphdrüsen
- 3 Tuberkulose der Knochen und Gelenke
- 4 Urogenitaltuberkulose
- 5 Peritonitis tuberculosa
- 6 Darmtuberkulose
- 7 Multiple Lokalisationen

Hauttuberkulose Bei *Lupus* kann ich sehr schöne Erfolge verzeichnen, dabei ist aber zu bemerken, was zwar auch erklärlich ist, daß Fälle von *Lupus exulcerans* schneller und besser heilen als solche von *Lupus hypertrophicus* oder *Lupus exfoliatus*

Sehr schöne Resultate habe ich mit der Insolation bei Fällen von ausgedehntem ulzerösen *Scrophuloderma* gehabt und ebenso bei Fällen von *Erythema nodosum* tuberkulösen Ursprungs. Bei *Erythema induratum scrophulosum* der Bazin'schen Krankheit, worunter auch schwere Fälle bei welchen die charakteristischen zum Teil geschwungene zerfallenen Knoten außer in den Extremitäten auch am Rumpfe aufgetreten waren habe ich öfter durch Monate lange Vollsonnenbäder gänzliche Heilung erzielt. Die tiefen Knoten resorbieren sich, oberflächliche Knoten oder Geschwüre verschoffen und stießen sich ab und die früher infiltrierte und unebene Haut wurde glatt und samtweich.

Hier anschließend möchte ich noch erwähnen, daß ich auch bei manchen Hautkrankungen *nicht tuberkulöser Natur* wie Ekzemen, Psoriasis, Akne, Pruritis (Lichen) und mitunter bei Haarausfall mit der Sonnenbehandlung günstige Erfolge gehabt habe.

Tuberkulose der Lymphdrüsen Das tuberkulöse Lymphom wird durch die Heliotherapie in allen Stadien, der rein hyperplastischen Form, der Hyperplasie mit Knotchenbildung und der Verkäsung günstig beeinflusst, ebenso bei Abszedierung mit oder ohne Uebergreifen auf das umliegende Gewebe und bei sekundärer Vereiterung infolge Mischinfektion mit pyogenen Kokken.

Bei dem ersten Stadium der einfachen Hyperplasie, ist die Bestrahlung auch dadurch sehr vorteilhaft, daß sie auch die kleinsten infizierten Drüsen, die bei der Operation oft dem Auge und der Hand des Chirurgen entgehen, beeinflusst.

Die Insolation regt die fibrose Schrumpfung an und führt so zur Verödung der Tuberkel-Kaseheerde werden, wenn nicht zu groß, durch die Bindegewebewucherung abgekapselt und dadurch unschädlich gemacht, oder kommen zur Verkalkung. Es ist dies ein großer Fortschritt gegenüber den Operationsresultaten, nicht nur im ästhetischen Sinne, indem wir den Patienten die oft häßlichen und entstehenden Narben im Gesicht und Hals ersparen, sondern wir nutzen

ihnen auch in sozialer Beziehung, indem solche Narben ihnen noch lange nach vollkommener Heilung den Stempel der Tuberkulose aufdrücken. Sodann ist das häufige Auftreten von Rezidiven nach den Operationen zu erwähnen, während dies bei der Heliotherapie zu den Ausnahmen gehört.

Sehr günstig reagieren auf Sonnenlichtbehandlung wie die an dem tuberkulösen Lymphome die kranken Milchdrüsen, welche ja meistens das Initialstadium der Lungentuberkulose sind. In den letzten 10 Jahren habe ich über 150 solcher Fälle von „Drüsenfieber“ mit besten Erfolgen behandelt. Hier lassen sich durch periodische Röntgenaufnahmen die Fortschritte sehr schön kontrollieren.

Tuberkulose der Knochen und Gelenke. Dieselbe lösende und dann eintrocknende (fibroschrumpfende) Wirkung wie bei den Lymphomen sehen wir auch bei den tuberkulösen Gelenkerkrankungen sowohl da, wo sie synovialen, als da, wo die ostealen Prozesse vorwiegen, und in vielen Fällen tritt dann wieder eine normale Funktion der Gelenke ein.

Die schönsten Heilungen sehen wir bei der Knochentuberkulose, indem hier nicht nur eine derbe bindegewebige Narbe an Stelle des tuberkulösen Gewebes tritt, wie wir es bei der Lunge, Drüsen usw. sehen, sondern es findet nach Ausheilung des tuberkulösen Prozesses meistens noch eine anatomische und physiologische *restitutio ad integrum* in Form einer Knochenregeneration statt. Das Sonnenlicht scheint da als ein Reizmittel zu wirken, das ein kräftiges Granulationsgewebe hervorruft, in welchem dann eine mehr oder weniger reichliche Knochenbildung zustande kommt. Eine solche Knochenregeneration betrifft nicht nur etwa kleine Knochen wie Phalangen, Metatarsus und Metakarpalknochen, sondern wir sehen sie auch an den langen Rohrenknochen, sei es in der Diaphyse oder in den Epiphysen, ja wir sehen sogar auch oftmals große Gelenkköpfe, die durch den tuberkulösen Prozeß scheinbar ganz zerstört waren, sich erholen und unter Wiedererlangung ihrer normalen Form knöchern ausheilen.

Damit erklärt sich neben der gleichzeitig einhergehenden Heilung des tuberkulösen Kapselgewebes und Bänderapparates die schon erwähnte Ausheilung der Gelenke mit normaler Funktion. Den Prozeß der Knochenregeneration können wir durch periodische Röntgenaufnahmen gut verfolgen.

Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, daß fast alle tuberkulösen Ostitiden unter Sonnenlichtbehandlung ausheilen können, wenn die dazu nötigen Mittel, Zeit und Geduld zur Verfügung stehen.

Zu bemerken ist noch, daß gerade bei denjenigen tuberkulösen Gelenk- und Knochenkrankungen, welche stets die Crux des Chirurgen gewesen sind, und wo auch bei den besten Technikern die Resultate gewöhnlich äußerst unbefriedigend waren, mit der Sonnenlichtbehandlung meistens restlose Heilungen erzielt werden und Rezidive sehr selten sind. Ich möchte hier die Spondylitis und Coxitis erwähnen.

Urogenitaltuberculose Bei der Urogenitaltuberculose war ich öfter in der Lage, die Heliotherapie anzuwenden und bin damit speziell bei der Hodentuberculose zufrieden gewesen

Einsaitige schwere Hodentuberculose, welche zur fast gänzlichen Zerstörung des Organs geführt hat, behandle ich operativ durch Amputation mit hoher Resektion des Samenstrangs. Leichtere Fälle kommen unter Insolation durch fibrose Schrumpfung der Knoten gewöhnlich zur Ausheilung. Sind beide Hoden ergriffen, so kommt die Insolation erst recht zu ihrer Geltung und ich habe auch schwere Fälle mit multiplen langdauernden Fisteln gänzlich ausheilen und vernarben sehen. Eine funktionelle Schädigung wie sie hier bei der Röntgenbestrahlung, welche sowohl die Funktion der männlichen wie weiblichen Keimdrüse vollkommen vernichten kann, vorkommt, habe ich nie erlebt. Im Gegenteil bessert sich mit der Heilung des erkrankten Organs und der gleichzeitigen Kräftigung des Allgemeinbefindens auch jedesmal die Potenz.

Genitaltuberculose des Weibes Bei vielen Fällen tuberkulöser Erkrankungen von Uterus, Tuben und Ovarien mit Tumorbildung und Ubergreifen auf das Peritoneum und die Nachbarorgane sah ich meistens eine Ausheilung unter spontaner Resorption bei ausgezeichnete Hebung des Allgemeinbefindens. Rezidive sah ich bei jahrelanger Beobachtung kaum. Auch auf die spätere briefliche Nachforschung kamen stets günstige Berichte.

Nieren- und Blasentuberculose Bei der Nierentuberculose habe ich mit der Helio- und Klimatherapie erstaunliche Besserungen gesehen und wohl auch in leichten Fällen Heilungen erzielt, indem dieselbe sich soweit zurückgebildet hatte, daß sie klinisch keine Erscheinungen mehr machte.

Bei durch Ureterenkatheterismus ganz sicher festgestellter einseitiger Nierentuberculose mache ich stets die Nephrektomie. Aus Prophylaxis und zur allgemeinen Stärkung unterziehe ich die Patienten nachher einer längeren Sonnenbehandlung.

Sehr schöne Resultate habe ich bei zahlreichen Fällen von operierter Nierentuberculose gesehen, die mir wegen Infektion und Aufbruchs der Operationswunde unter Bildung von fungösen, tuberkulösen Eiter sezernierenden Granulationen zur Behandlung zugesandt worden sind. Hier habe ich jedesmal Ausheilung gesehen. Darunter waren auch Fälle von tuberkulösen Fisteln des Ureterstumpfes. Die Tuberculose der Operationswunde ist mit Recht eine gefürchtete Komplikation der Nephrektomie und spielte in der Spätmortalität eine große Rolle. Die Heliotherapie schaffte da eine große Wandlung.

Bei tuberkulöser *Cystitis* habe ich durch die Insolation in einigen Fällen bei denen die tuberkulöse Niere entfernt worden war und keine neue Infektion von oben mehr stattfand, komplette Heilung gesehen. Aber auch bei den nicht operierten Fällen ja sogar bei doppelter Nierentuberculose sah ich doch recht oft bedeutende Bes-

serung der Blasentuberkulose, die sich in bildigem Nachlassen der Schmerzen des die Patienten so belastigenden Hinderanges und in Besserung der Kapazität der Blase äußerte

Die tuberkulöse *Peritonitis* bildet eines der dunkbarsten Objekte der Heliotherapie. Bei 50 Fällen von *Peritonitis tuberculosa serosa* erzielte ich 49mal vollständige Heilung, ein Fall, kompliziert durch Lungentuberkulose, starb. Früher eine sehr gefürchtete Lokalisation, die häufig zu Meningitis oder Miliartuberkulose führte, hat die tuberkulöse *Peritonitis* durch die klimatisch, diätetische und Sonnenlichtbehandlung viel von ihrem Schrecken verloren. Zum Skelett abgemagerte Patienten mit aus den tief eingesunkenen, großen Augen hohlen herausschauenden, febeiglanzenden Augen, aufgetriebenem, unformlichem Bruche, die den Eindruck wahrer Todeskandidaten machen, verlieren meistens bald ihr Fieber, bekommen wieder Appetit, unter vermehrter Diurese schwinden die großen Exsudate, und oft schon nach wenigen Wochen sind diese Kranken kaum mehr zu erkennen. Die Heilung ist auch eine bleibende. Mehrere meiner Patientinnen, welche ich in ihrem Mädchenalter an schwerer *Peritonitis tuberculosa* behandelt hatte, haben sich verheiratet und sind heute Mutter gesunder Kinder.

Auch bei der ulzerös-eitigen Form der *Peritonitis* mit vielfacher Verbackung von Netz und Darmschlingen und multiplen Abszessen erzielt man mit der Bestrahlung öfter noch schöne Erfolge, während bei einem radikalen operativen Vorgehen hier gewöhnlich mehr geschadet als genutzt wird. Kotfisteln oder Dampfpolypen sind nun zu oft die unliebsamen Folgen der Operation. Was dieselben aber für diese Patienten und ihre Umgebung bedeuten, brauche ich nicht näher auszuführen. Nach langem, qualendem und ekligem Leiden gehen die meisten dieser Kranken an Erschöpfung zugrunde. Solche fistelnde Fälle sind mir öfters zur Heliotherapie zugeschickt worden. Auch diese sonst so trostlosen Fälle konnten mit der Heliotherapie und eventuellen kleinen unterstützenden Operationen, wie Punktionen und Eröffnung einzelner Abszesse noch viel gewinnen. Ich habe hier sehr erfreuliche Erfolge und in manchen Fällen Schluß der Kotfisteln erzielt. Allerdings mußte ich aber auch schon trotz Heliotherapie die Waffen strecken.

Darmtuberkulose. Alle sogenannten primären Formen von Tuberkulose des Darms, sofern es sich nicht um die allgemeine, meistens bei schwer Lungenranken als letzte Leidensetappe auftretende sekundäre Darmtuberkulose handelt, z. B. die Ileokoekaltuberkulose, Mastdarmfisteln und perirektale Abszesse, reagieren günstig auf die Heliotherapie. Man sieht zuweilen geradezu überraschende Erfolge mit raschem Nachlassen der Schmerzen, Verschwinden der Diarrhoen und des Fiebers und schneller Gewichtszunahme, speziell bei der häufigen Ileokoekaltuberkulose. In schweren, veralteten Fällen von Ileokoekaltumor habe ich mitunter durch Hilfsoperationen, wie die Enterostomose oder die inkomplette Darmausschaltung nachgeholfen. Spe

ziell günstig sind diejenigen Fälle wo es möglich ist, durch eine Radikaloperation den gut abgegrenzten tuberkulösen Ileokoekaltumor zu entfernen. Dies schafft natürlich die günstigsten Verhältnisse. Solche Operierte werden nun auch häufig zur Nachbehandlung mit der Heliotherapie zugeschickt. Sonne und gute Luft besorgen dann gewöhnlich die definitive Heilung.

Tuberkulose der Sinnesorgane Auch bei der Tuberkulose der Augen und des Ohres wirkt die Sonnenbehandlung günstig. Ich persönlich verfüge über schöne Erfolge, und auch von den Spezialärzten wird darüber berichtet. Zur Bestrahlung der tuberkulösen Mittelohrentzündung verwende ich reflektierende Ohrtrichter.

Multiple tuberkulöse Lokalisationen Bei der multiplen chirurgischen Tuberkulose sowie bei Fällen von immer wiederkehrenden Reziden nach Operationen wobei einerseits der Chirurg sich fragen muß, wo soll ich mit Operieren anfangen und wo soll ich aufhören, oder wo er dem Patienten so ziemlich gleich hilflos gegenübersteht wie heute noch den Reziden nach Knieoperation, wirkt die Heliotherapie mitunter wahre Wunder, während früher diese Unglücklichen nach jahrelangem und durch die profusen Eiterungen für sich und ihre Umgebung ekelhaft gewordenen Leiden in allgemeiner Schwäche oder an Amyloiddegeneration innerer Organe langsam und elend zugrunde gegangen sind, wenn sich nicht das Hinzutreten einer akuten Miliartuberkulose schon vorher ihrer erbarmt hatte.

7 Rachitis Sehr günstig wird durch die Insolation auch die Rachitis beeinflusst. Es ist dies auch leicht erklärlich, denn wir wissen, daß für die Entstehung der Rachitis neben unzweckmäßiger Ernährung in erster Linie Mangel an Licht und Luft verantwortlich zu machen ist. Zur Erhaltung dieser Tatsache möchte ich folgendes Beispiel anführen:

Im kleinen Bergdörfle Bivio am Julierpaß, 1776 m u. M., konnte ich beobachten, daß beinahe alle im Herbst geborenen Kinder, die während des fast 9 Monate langen Winters mit seinem dort durch häufige Schneestürme strengen Regiment kaum einmal aus den dumpfen Häusern mit den schießschartenähnlichen Fensterluken ins Freie gebracht wurden, mehr oder weniger ausgeprägte Zeichen von Rachitis zeigen, während die im Frühling geborenen, welche von den Eltern bei der Feldarbeit mit hinaus genommen werden und fast den ganzen Tag Sonne und Licht genießen können, davon verschont sind.

Das Sonnenlicht ist aber bei der Rachitis nicht nur prophylaktisch von großer Bedeutung, sondern auch kurativ, werden bei gleichzeitiger, zweckmäßiger Ernährung und Darreichung von Lebertran, Phosphor und Kalksalzen durch die Sonnenlichtbehandlung sehr schöne Erfolge erzielt.

Wie viele rachitische Kinder sind schon unter den Strahlen der Sonne restlos ausgeheilt, ohne Verkrüppelung des Thorax und der Wirbelsäule und ohne die schlimmen Komplikationen infolge Ver-

ligerung oder falscher Belastung lebenswichtiger Organe und ohne Wachstumsfehler des Beckens welche für das weibliche Geschlecht oft so verhängnisvoll wurden, und ohne Deformation der Gliedmaßen

Peemoller hat in einer groß angelegten Untersuchung gezeigt, daß derselbe Spektralbezirk den *Hauser* und *Vahle* als für die Pigmentierung bedeutend gefunden haben auch für die Rachitis wichtig ist Die Strahlen über 320 M M sind völlig unwirksam Die Wirksamkeit der verschiedenen Lichtquellen entfaltet sich, parallel ihrer Intensität, in dem Spektralbezirk um 300 M M Neuere experimentelle Untersuchungen wollen durch die Belichtung eine Vermehrung des Kalkgehaltes des Blutes festgestellt haben

Damit glaube ich die Aufzählung der chirurgischen Indikationen zur Sonnenlichtbehandlung so ziemlich erschöpft zu haben

Die Sonnenlichttherapie ist auf einmal sehr populär geworden, auch die Laien haben sich ihrer bemächtigt, und es läuft noch viel Kritiklosigkeit mit Leider sind auch allerlei Auswüchse zu verzeichnen, die sich übrigens wohl mit der Zeit von selbst verlieren werden An den Ärzten liegt es, den noch ungebandigten Strom allmählich in das richtige Bett zu leiten

Noch mehr gilt dies in bezug auf die Behandlung mit künstlichen Lichtquellen, für die sich heute eine geradezu peinlich wirkende und unwürdige Reklame breit macht Es gibt kaum mehr eine Krankheit oder ein Gebrechen für welche nicht diese oder jene Lampe als unfehlbares Heilmittel in allen Tonarten empfohlen wird Die Indikationsstellung für die Lichtbehandlung ist geradezu uferlos geworden Es ist dies aber gewöhnlich so, wenn die finanzielle Spekulation sich medizinischen Erfindungen und Entdeckungen bemächtigt

Ueber den Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung

Von Professor Dr. *Wilhelm Stepp* Direktor der medizinischen
Klinik der Universität Jena

Die Erkenntnis, daß das Sonnenlicht die Urmutter alles Lebens auf der Erde ist, ist sicherlich schon bei dem primitiven Menschen der Urzeit vorhanden gewesen. Und auch das Wissen von heilenden Kräften der Sonnenstrahlen geht auf die frühesten Tage des Menschengeschlechts zurück. Mag dann in späteren Zeitepochen dieses Wissen unter dem Einflusse geistig-religiöser Strömungen vorübergehend verloren gegangen sein, der gesunde Instinkt des Menschen sorgte immer wieder für seine Neuerweckung.

Friehlich, die Voraussetzungen für eine planmäßige und ernsthafte Erforschung der Wirkungen, die von der Sonnenstrahlung ausgehen, waren erst in neuerer Zeit gegeben, als Physik und Chemie einen festgefügtten Bestand von Erkenntnissen geschaffen hatten. Die ersten systematischen Versuche, das Sonnenlicht zu Heilzwecken zu verwenden, wurden von *O. Bernhard* ausgeführt, der zum ersten Male im Jahre 1902 Wunden aller Art, besonders über solche tuberkulöser Natur durch Sonnenbestrahlung heilte. Wir dürfen über nicht vergessen, daß schon fast 50 Jahre vorher *Arnold Rickli* gleichfalls ein Schweizer, die Sonne als Heil- und Kräftigungsmittel gepriesen und Sonnenbestrahlungen in einer von ihm gegründeten Heilanstalt systematisch angewandt hat.

Wenn ich heute aus dem großen Gebiete, zu dem sich die Heliotherapie in den vergangenen 23 Jahren entwickelt hat, das kleine Kapitel über die Bedeutung des Sonnenlichtes für die Knochenbildung herausgreife, so geschieht das, weil es sich hier, wenn ich so sagen darf, um das allerjungste Kind der Heliotherapie handelt. Es sind erst 6 Jahre her, seit wir etwas Sicheres über einen Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung wissen. Trotzdem ist in dieser, für eine wissenschaftliche Frage sicherlich kurzen Zeit das Problem in einer Weise durchgearbeitet und geklärt worden wie kaum ein anderes in der Biologie. Von besonderer Bedeutung sind hierbei For-

schungen des letzten Jahres und der letzten Monate geworden, deren Bedeutung um so hoher einzuschätzen ist, als sie, ganz unabhängig von verschiedenen Forschern unternommen, zu dem gleichen Ergebnis führten

Daß die Knochenbildung ein sehr verwickelter Vorgang ist, für dessen normalen Ablauf eine große Zahl von Bedingungen erfüllt sein muß, erscheint ohne weiteres selbstverständlich, wenn man die Häufigkeit der Rachitis und ihr wechselvolles Bild betrachtet. Man wird wohl kaum fehlgehen, wenn man behauptet, daß es wenig Kinder gibt, bei denen in der Zeit des stärksten Knochenwachstums nicht vorübergehend leichteste Störungen zu beobachten waren. So mannigfaltig die Anegungen waren, die die Forschung aus dem bunten Symptombild der Rachitis, aus ihrer Beeinflussbarkeit und ihrem Verlaufe schöpfen konnte, so war ein erfolgreiches Studium der normalen Knochenentwicklung doch erst mit Hilfe des Tierexperimentes möglich. Und auch dieses hatte sicherlich nicht so rasche und eindeutige Antworten gebracht, wenn nicht die Vitaminforschung den Anstoß dazu gegeben und eine Reihe von wichtigen Vorarbeiten bereits erledigt gehabt hatte.

Das Studium der Knochenbildung ist also aufs innigste verknüpft mit der Entwicklung der Lehre von den Vitaminen. Und so muß ich, um Ihnen die Bedeutung des Sonnenlichtes für die Knochenbildung verständlich darstellen zu können, zunächst die Bedingungen der Skelettentwicklung im allgemeinen schildern.

Von den zur Zeit bekannten Vitaminen haben zwei wichtige Beziehungen zur Knochenbildung: das antirachitische Vitamin oder Vitamin D (nach *Mc Collum*) und das wasserlösliche antiskorbutische Vitamin C. Uns interessiert in diesem Zusammenhange zunächst das erstere.

Das Verdienst, zuerst auf die Bedeutung des fettlöslichen Vitamins für die Skelettentwicklung aufmerksam gemacht zu haben, gebührt dem englischen Pharmakologen *Edward Mellanby*. In Versuchen an einem sehr reichen Material von 400 jungen Hunden konnte er nachweisen, daß die Knochenbildung schwer gestört ist, wenn in der Nahrung das fettlösliche Vitamin fehlt. Die Tiere zeigen nicht nur klinisch, sondern auch im Röntgenbild eine der menschlichen Rachitis sehr ähnliche Erkrankung. Daß die Knochenstörung wirklich durch Mangel an fettlöslichem Vitamin bedingt ist, konnte *Mellanby* sehr schlagend dadurch beweisen, daß er das vitaminfreie Fett seines Nahrungsgemisches (Leinsamenöl) durch Lebertran ersetzte. Das lebertranhaltige Futter führte zu völlig normaler Knochenentwicklung, bezw. bewirkte Heilung der Knochenveränderungen, die das gleiche Futter — mit Leinsamenöl als Fett — hervorgerufen hatte. Indessen erkannte *Mellanby* sehr bald, daß der Vitaminmangel nicht die einzige Größe ist, die für die Knochenstörungen verantwortlich gemacht werden muß, es sind vielmehr noch andere Faktoren von wesentlichem, mitbestimmendem Einfluß

Rachitisbegünstigend wirken schlechte äußere Lebensbedingungen Mangel an Sonne, überhaupt Mangel an Licht Mangel an Luft und Bewegung Schon *Findlay* hatte festgestellt daß junge Hunde, die in engen Käfigen aufgezogen werden sehr leicht Rachitis bekommen, während Geschwisterstiere unter genau den gleichen Lebensbedingungen, nur mit der Möglichkeit, sich Bewegung zu machen, von der Erkrankung verschont blieben Umgekehrt wirken *rachitisverhütend* reichlich Licht, reichlich Luft, reichliche Körperbewegung

Ganz unabhängig von *Mellanby* brachten nun die Forschungen amerikanischer Gelehrter (*Mc Collum Simmonds Shipley* und *Parke* sowie *Sherman* und *Pappenheimer*) eine weitgehende Klärung des Problems *Mc Collum* und seinen Mitarbeitern war aufgefallen daß bei Verwendung von Nahrungsmittelgemischen, die in der einen oder anderen Richtung unzureichend waren wiederholt Knochenveränderungen sich entwickelten, die vielfach an die menschliche Rachitis erinnerten Da die Versuchstiere (Ratten) alle unter den gleichen äußeren Bedingungen gehalten wurden, so war die Beschaffenheit der Nahrung die einzige Variable die entscheidend sein konnte Im Verlaufe der daraufhin angestellten systematischen Untersuchungen sahen die Forscher sehr bald daß neben dem fettlöslichen Vitamin und dem Kalzium auf das auch *Mellanby* schon seine Aufmerksamkeit gerichtet hatte noch einem dritten Faktor eine große Bedeutung zukommt nämlich der Phosphorsäure Es gelang, den exakten Nachweis zu führen daß innerhalb gewisser Grenzen das Verhältnis von Kalzium zu Phosphorsäure von größerer Wichtigkeit ist als ihre absoluten Mengen Ist die Relation $Ca : P$ ideal d. h. ist weder ein Überschuß von Kalzium noch ein solcher von Phosphorsäure vorhanden so genügt eine verhältnismäßig kleine Menge des fettlöslichen Vitamins um optimales Knochenwachstum zu gewährleisten Besteht jedoch ein fehlerhaftes Verhältnis von $Ca : P$ im dem Sinne daß entweder ein relativer Mangel an Kalzium oder ein solcher von Phosphorsäure vorhanden ist so läßt sich die Entwicklung von Knochenveränderungen nur dadurch verhindern, daß man entweder die richtige Relation herstellt (durch Zufuhr des in zu geringer Menge vorhandenen Stoffes) oder den Vitamin Gehalt der Nahrung stark erhöht

Daß zur Bildung des Knochens der bekanntlich nicht gewöhnlichen Kalk sondern Apatit ein komplexes Molekül Phosphorsäure Kohlensäure Kalzium enthält ausreichend Phosphorsäure und Kalzium zugeführt werden muß das wußte man natürlich schon längst Neu ist die Feststellung daß auf das gegenseitige Mengenverhältnis so viel ankommt und daß die Apposition des Kalks nur gewöhnlich ohne eine entsprechende Menge von fettlöslichem Vitamin nicht erfolgen kann

Nebenbei sei nur erwähnt, daß die Natur der Knochenveränderungen die im Experiment auf diesem diätetischen Wege erzeugt werden nicht ganz einheitlich ist Das Bild der *echten Rachitis* das

ganz dem der menschlichen Rachitis entspricht, erhält man am regelmäßigsten mit einer Nahrung die arm an fettlöslichem Vitamin und an Phosphaten ist. Futtern wir bei Tieren, die bei einer solchen Kost die charakteristischen Knochenveränderungen bekommen haben, etwas Lebertran nebenher, so läßt sich schon nach kurzer Zeit in etwa 8 Tagen, beginnende Kalkablagerung in den Knochen nachweisen. Und im Verlaufe von etwa 4 Wochen kommt es zu volliger Ausheilung. Gleichzeitig geht der auf der Höhe der Krankheit stark erniedrigte Phosphat Spiegel des Blutes auf normale Werte hinauf. Nichts spricht gegen die aus diesen und andern Befunden gezogene Schlußfolgerung, daß Voraussetzung für die Ablagerung von phosphorsauerm Kalk in den Knochen ein bestimmter Phosphatgehalt des Blutes ist.

Genau so wie Zufuhr von Lebertrian wirkt bei der menschlichen und bei der experimentellen Rachitis der Tiere Bestrahlung des Körpers mit Sonnenlicht oder dem Lichte der Quecksilberquarzlampe. Wir verdanken diese wichtige Entdeckung R. Hildschinsky der im Jahre 1919 an der Hand von Röntgenbildern die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf rachitische Kinder überzeugend nachwies. Es war ein glückliches Zusammentreffen, daß um die gleiche Zeit das Studium der experimentellen Rachitis so entscheidende Fortschritte machte und daß es damit möglich war, den Einfluß des Sonnenlichtes auf die Knochenbildung nun auch im Experimente eingehend zu studieren. Es zeigte sich dabei, daß die wirksame Strahlung nur einem verhältnismäßig kleinen Bereich des ultravioletten Spektrums entspricht. Und zwar sind es die Strahlen von einer Wellenlänge zwischen 290 und 320 $\mu\mu$. Das Wirkungsoptimum liegt bei 297 $\mu\mu$. Strahlen wesentlich größerer oder geringerer Wellenlänge sind unwirksam.

Nach dieser Feststellung war man nun in der Lage, die Wirkung des ultravioletten Lichtes experimentell in allen Einzelheiten zu studieren und festzustellen, daß die Vorgänge im Körper, die hierbei ausgelöst werden, offenbar die gleichen sind wie bei Zufuhr von Lebertrian. Trotz Mangels der Nahrung an antirachitischem Vitamin und Phosphaten steigt der Phosphatgehalt des Blutes auf normale Werte, und es erfolgt die Apposition des Kalks in regelrechter Weise. Man durfte also nach diesen Feststellungen sagen, daß die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Haut die Zufuhr des antirachitischen Vitamins, das sich in der höchsten Konzentration im Lebertran findet, ersetzen können. Nicht unwichtig ist die Beobachtung, daß die ultravioletten Strahlen für die mangelnde Zufuhr des andern fettlöslichen Vitamins, des antixerophthalmischen Stoffes keinen Ausgleich zu schaffen d. h. Xerophthalmie nicht zu beseitigen vermögen. Bedeutungsvoll für die Deutung der Lichtwirkung in der Haut ist übrigens die Tatsache, daß schwarze Ratten wesentlich größere Lichtdosen zu einem antirachitischen Effekt benötigen als Albinotiere.

Ueber den Mechanismus der Strahlenwirkung hat man sich natürlich sehr bald alle möglichen Vorstellungen gemacht, ohne zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen

Im Laufe des letzten Jahres hat diese Frage nun eine überraschende Lösung gefunden *Alfred F. Heß* in New York und unabhängig von ihm *Steenbock* mit seinen Mitarbeitern hatten sich die Frage vorgelegt, ob das ultraviolette Licht die Fähigkeit habe in Material das frei von antirachitischem Vitamin ist die Bildung des spezifischen Stoffes anzuregen *Heß* ging so vor, daß er bestimmte Öle, die antirachitisch völlig unwirksam waren, z. B. Leinsamenöl der Bestrahlung mit ultravioletttem Licht aussetzte und nun die Wirksamkeit der bestrahlten Öle im Versuch am experimentell rachitischen Tier prüfte. Die Versuche ergaben einen vollen Erfolg. Öle, die dreißig Minuten lang den Strahlen der Quecksilberquarzlampe exponiert waren wirkten genau so stark antirachitisch wie Lebertran. Bemerkenswert ist weiter, daß die bestrahlten Öle den Geruch von Fischtran angenommen hatten. *Heß* und seine Mitarbeiter haben dann derartige Aktivierungsversuche mit ultravioletttem Licht auch an gekeimtem Weizen ausgeführt und festgestellt, daß auch hier unter dem Einfluß der Strahlen antirachitisches Vitamin entsteht.

Ungefähr um die gleiche Zeit haben *H. Steenbock* und *A. Black* eine Kost (bestehend aus Hirse und Luzerne) mit der sie bei ihren Versuchstieren Rachitis erzeugten in dünner Schicht ausgebreitet zehn bis zwanzig Minuten dem Lichte der Quecksilberquarzlampe ausgesetzt und bei der daraufhin vorgenommenen Prüfung der bestrahlten Nahrung im Fütterungsversuch festgestellt, daß sie die Eigenschaft, Rachitis zu erzeugen, verloren hatte. Ebenso gelang es, tierische Organewebe (Leber, Lungen, Muskulatur) durch Bestrahlung antirachitisch wirksam zu machen.

Es ist begreiflich, daß die Mitteilungen von diesen erstaunlichen Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf alle möglichen der Ernährung dienenden Erzeugnisse des Tier- und Pflanzenreiches überall das größte Aufsehen erregten und vielfach schon nachgeprüft wurden. Wie *Gyorgy* aus der Heidelberger Kinderklinik mitteilte, konnte er Milch durch Bestrahlung mit ultravioletttem Licht ausgesprochen antirachitisch wirksam machen. Auch überzeugte er sich von der Richtigkeit der Angabe, daß gewöhnliche Öle wie Olivenöl durch Bestrahlung antirachitisch aktiv werden.

Es besteht also wohl nicht mehr der geringste Zweifel, daß die Beobachtungen der amerikanischen Forscher durchaus richtig sind. Man hat nun natürlich sehr eifrig nach einer Erklärung der merkwürdigen Befunde gesucht und zuerst an eine Wirkung von Fermenten gedacht. Dieser Gedanke ist indessen nicht haltbar angesichts der von *Heß* in Gemeinschaft mit *Weinstock* und *Helmann* festgestellten Tatsache, daß wasserige Aufschwemmungen von Cholesterin und Phytosterinen durch Bestrahlung mit ultravioletttem Licht ebenso antirachitisch wirksam werden wie Öle und Organewebe. Da das

Cholesterin ein kristallinischer Körper ist der in großer Reinheit erhalten werden kann so muß man annehmen, daß die Wirkung der ultravioletten Strahlen als ein chemischer Vorgang zu denken ist, der in einer intramolekularen Umlagerung besteht. Die chemische Natur des von der Sonne gebildeten antirachitischen Vitamins ist noch nicht sicher bekannt.

Nach den Beobachtungen über die Bildung von antirachitischem Vitamin in Nahrungsmitteln darf man wohl annehmen, daß die rachitisheilende oder verhütende Wirkung des Sonnenlichts bei Tier und Mensch in analoger Weise erfolgt, nämlich auf dem Wege der Vitaminbildung. Die nähere Erforschung der Frage, in welchen Schichten der Haut sich dieser Vorgang vollzieht, steht noch aus. Nach dem, was jetzt bekannt ist, wird die Hauptmenge der kurzwelligen ultravioletten Strahlen schon in den obersten Schichten absorbiert.

Es wie nun noch kurz die Frage zu berühren, welche Bedeutung den Sonnenstrahlen für die Skelettentwicklung des Kindes praktisch zukommt. Die wäre zunächst zu sagen, daß der kindliche Organismus auf das Sonnenlicht ohne eine ernste Störung der Knochenbildung nur verzichten konnte, wenn seine Nahrung einen sehr großen Uberschuß von antirachitischem Vitamin D enthielte. Verwirklicht ist dieser Fall bei den Lappländern, in deren Nahrung das Fleisch der Fische und die Fischtranke mit ihrem hohen Gehalt an antirachitischem Vitamin eine große Rolle spielen. Die reiche Vitaminzufuhr schützt die Kinder dieses Volkes trotz des Fehlens der Sonne während eines großen Teils des Jahres vor Erkrankung an Rachitis. Wo diese Nahrungsbedingungen aber nicht bestehen und vor allem da, wo die Nahrung ausgesprochen arm an Vitamin D ist, spielt der „*Faktor Sonne*“ eine entscheidende Rolle. Die Rachitis wird dann zu einer *Saisonkrankheit* („seasonal disorder“) wie man auch gesagt hat. Es ist bekannt, daß drei Viertel aller Rachitisfälle in der ersten Hälfte des Kalenderjahres zur Entwicklung kommen, der Rest in der zweiten Hälfte, und zwar treffen die Erkrankungen auf die Monate November und Dezember. Sehr hübsch wird diese Tatsache durch Beobachtungen von Heß in New York beleuchtet, da in großen Serienuntersuchungen feststellen konnte, daß der *Blutphosphatspiegel der Kinder* richtige Gezeiten aufweist, ein Abebben im Winter und Frühjahr, ein Ansteigen im Sommer.

Noch manche andere Tatsache, die in diesem Zusammenhange sicherlich Ihre Aufmerksamkeit wecken würde, konnte ich noch anführen, um Ihnen zu zeigen, wie gut sich alles, was auf diesem Gebiete an Erkenntnissen gewonnen wurde, zu einem harmonischen Bilde zusammenfügt.

Für die Heliotherapie bedeutet die Aufdeckung der innigen Beziehungen zwischen dem Sonnenlichte und der Umbildung wichtiger Stoffe im Organismus den Beginn einer neuen Forschungsepoche.

Klima und Kinderkrankheiten

Von Prof E Féei Zürich

Der Einfluß der Außenwelt auf den lebenden Organismus muß sich am stärksten bemerkbar machen zur Zeit der Entwicklung und des Körperwachstums, also im Jugendalter, wo alle Systeme noch zart und wenig widerstandsfähig sind, so daß sie leichter auf nutzliche und schädliche Faktoren ansprechen als bei ausgewachsenen Individuen. So dürfen wir von vorneherein erwarten daß die Eigenheiten des Klimas die stärkste Wirkung zeigen werden auf das Kind und hier wiederum auf die jüngste Altersstufe den Säugling. Mehr noch als beim gesunden Kind muß sich dies äußern beim kranken das eine erhöhte Empfindlichkeit aufweist.

Sobald wir über Umschau halten unter den Krankheiten des Kindes, die durch das Klima beeinflußt werden, so stoßt die Beweisführung auf große Schwierigkeiten. Es fehlen uns fast für alle Krankheiten noch genaue Kenntnisse über die Eigenart ihrer geographischen Verbreitung, die am ehesten ein Urteil erlauben würde. Sodann sind die übrigen Einflüsse der Umwelt Ernährung unbegriffen, so machtvoll und wechselnd nach Völkern, ihren Sitten und Lebensverhältnissen und zwar am schwerwiegendsten im Kindesalter, daß das Herausheben der reinen Klimawirkung auf zahllose Hindernisse stoßt.

Am günstigsten steht es mit der *Sommersterblichkeit der Säuglinge* so daß ich hier versuchen möchte deren Verhältnisse zu prüfen.

Die ersten Mitteilungen stammen aus *Nordamerika* aus der Wende des 18 zum 19 Jahrhundert¹⁾. Schon 1798 brachte Rush vorzügliche Beobachtungen. Regelmäßig fand er in den Sommermonaten in den meisten Städten der Vereinigten Staaten eine vermehrte Sterblichkeit an Cholera infantum die man in Amerika auch als summer complaint oder disease of the season bezeichnet. Er fand die Häufigkeit und Gefährlichkeit der Krankheit stets im Verhältnis zur Außentemperatur. Sie verlief gewöhnlich in wenigen Tagen tödlich. Ein kühler Tag verminderte die Heftigkeit und ließ die Krankheit oft gut ausgehen. Als bestes Heilmittel empfahl Rush die Kinder aus der Stadt aufs Land zu bringen. Bei diesem

¹⁾ Ich folge hier der ausgezeichneten Darstellung von Rietschel. Die Sommersterblichkeit der Säuglinge (Leben f. inn. Med. u. Kinderheilk. Bd. 6 1911) der die Literatur bis 1910 weitgehend berücksichtigt.

Verfahren verlor er unter vielen hundert von Kindern in irgend einem Stadium der Krankheit nur drei. Schon die Verbringung über den Tag aus der heißen Stadt ergab eine günstige Wirkung.

Aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts liegen viele entsprechende Mitteilungen aus Nordamerika vor immer aus den rasch anwachsenden großen Städten zuerst aus solchen an der atlantischen Küste, später aus den mittleren und westlichen Staaten. Das offene Land hatte unter der Sommercholera nicht zu leiden. Die südlichen Staaten waren und sind jetzt noch viel weniger beteiligt. Schon 1833 stellt Potter fest, daß ein absolut heißes und ein absolut kaltes Klima der Krankheit ungünstig sind. Diese gedeiht am besten da wo die größten Temperaturunterschiede bestehen zwischen kalten Wintern und intensiv heißen Sommern. Verhältnisse die nirgends so ausgesprochen vorkommen als in vielen Teilen von Nordamerika. Potter schrieb, daß ein Kind unfehlbar erkrankte wenn man es an Orten wo die Krankheit endemisch herrschte plötzlich oder längere Zeit der Sonne aussetzte. Ein Temperaturabfall von 4—5 Grad nach Regen der gewöhnlich Westwind brachte unterbrach die Ursache und wirkte heilend so daß die kleinen Kranken aus ihrer Erschöpfung erwachten und die Zahl der Erkrankungen mit Sicherheit abnahm so lange die Hitze nicht wieder anstieg. Auch die längern und kühleren Augustnächte setzten die Sterblichkeit herab während die Zahl der Todesfälle im Juni und Juli gleich blieb oder anstieg. Mit der schrittweisen Abnahme der Temperatur im Herbst erlosch die Krankheit.

Schon aus der Zeit vor 100—150 Jahren stammen also Berichte über die verderbliche Wirkung der Sommercholera der Säuglinge aus Nordamerika wo sie jetzt noch am stärksten von allen Ländern die Kinderwelt bedroht. Im Gegensatz zu Amerika wurde die Krankheit in Europa bis 1830—1840 nur referierend nach den amerikanischen Autoren erwähnt zu dem Teil als eine für Nordamerika eigentümliche Krankheit angesehen. Erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erschienen allmählich Berichte aus Deutschland England Frankreich welche die Sommersterblichkeit in den großen Städten behandelten. Wohl war schon lange bekannt daß die Säuglinge im Sommer bisweilen in erhöhtem Maße starben das geht zum Beispiel aus den Sterberegistern von Breslau hervor die bis zum Jahre 1585 zurückreichen. Aber erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erregten die Todesfälle die Aufmerksamkeit der Aerzte. Von da ab spielt die Sommersterblichkeit in den Kulturstaaten Europas eine zunehmende Rolle um vom Anfang des 20. Jahrhunderts an stark zurückzugehen. Dabei läßt sich eine deutliche Abnahme nach Norden erkennen aber auch eine solche nach Süden. Letztere weist darauf hin daß die Hitze nicht die einzige Ursache sein kann. Ebenso soll in den tropischen Gegenden *Amerikas Asiens Afrikas* eine hervorragende Säuglingssterblichkeit zur Hitzzeit bestehen.

Man darf es nach diesen Verhältnissen als sichere Tatsache bezeichnen daß die vermehrte Sommersterblichkeit an Klimate gebunden ist die kalten Winter und heißen Sommer haben und besonders an Klimate die wie in Nordamerika einen raschen Umschlag der kühlen Jahreszeit zur heißen bringen. Die Verhältnisse in Nordamerika werden uns leicht verständlich wenn wir in den Zeitungen die zahlreichen Hitzschläge lesen, die dort in manchen Sommern auch viele Erwachsene hinraffen.

Betrachten wir nun die Entwicklung und den Verlauf der Sommersterblichkeit etwas näher. Da ergeben sich für viele große Städte folgende Verhältnisse, wie sie Finkelstein *) und andere eingehend erforscht haben. Einige Zeit nach dem Einsetzen der Sommerhitze

steigt die Zahl der Todesfälle von Cholera infantum allmählich an und erreicht einige Wochen nach dem Temperaturmaximum einen *vierten Gipfel* also meist im August

Nehmen wir als Beispiel Berlin im Jahre 1911 das uns allen wegen seiner ungewöhnlich großen und lange dauernden Hitze noch gut in Erinnerung steht³⁾ Vom 22 Juli an herrschte während 24 Tagen eine gewaltige Hitze (Außentemperaturen über 30° C) um am 15 August jah um 14 Grad abzusturzen Die Sterblichkeit der Säuglinge stieg gleich am ersten Tag auf 32 (17 war das Mittel der kühlen Jahreszeit) Aber erst im August stiegen die Todesfälle auf durchschnittlich 44 pro Tag an und hielten sich auch in der kühlen Jahreszeit noch hoch Bis zum 6 September starben täglich noch 40 Kinder Das Maximum mit 60 Fällen betraf den 15 August den ersten kühlen Tag Diese Zahlenverhältnisse sind leicht verständlich Es handelt sich hier in der Hauptsache um nicht ganz akute und um protrahierte Fälle von Sommerdiarrhoeen Die in der heißen Jahreszeit erworbenen oder gesteigerten Störungen brauchten das eine Mal kürzere das andere Mal längere Zeit oft mehrere Wochen bis ihre Opfer erlagen so daß der Tod oft erst in der kühleren Wetterperiode erfolgte

Nun zeigt sich aber bei genauem Zusehen, daß dem breiten Gipfel der Sommersterblichkeit von Zeit zu Zeit *spitze Zacken* aufgesetzt sind die jeweils 24 Stunden nach besonders starker Hitze einsetzten Diese Zacken verschwinden dann wieder für kürzere oder längere Zeit wenn die Hitze nachläßt und erscheinen wieder wenn tags zuvor die Hitze erneut angestiegen ist Die Krankheitsfälle, die diese spitzen der Mortalitätskurve aufgesetzten Zacken verursachen sind meist ganz akut und sturmisch verlaufend Man darf sie sicherlich als Folge einer direkten Hitzeschädigung auffassen Darauf deutet schon der Umstand, daß man nicht selten an ganz heißen Tagen bei noch gesunden Säuglingen Temperaturen von 39 und 40 Grad gefunden hat, und daß die perakuten Todesfälle oft Temperaturen von 41, 42, selbst 43 Grad aufweisen Ferner der Umstand, daß diese Kinder viel häufiger als beim gewöhnlichen Brechdurchfall allgemeine Krämpfe zeigen, daß Erbrechen und Durchfall oft fehlen Endlich daß auf kühlen Bädern manchmal überraschend schnell die Wendung zur Besserung eintritt eine Behandlung die schon vor 135 Jahren Rush in Amerika als erprobt empfahl Man hat diese Todesfälle auch geradezu als *Hitzschläge* bezeichnet und kann gegen diese Auffassung keine stichhaltigen Gründe vorbringen In Deutschland hat zuerst der Dresdener Arzt Meunert vor 40 Jahren die sommerlichen Brechdurchfälle allgemein auf Hitzschlag bezogen Wegen dieser offenkundigen Uebertreibung haben seine richtigen und wichtigen Beobachtungen anfanglich nicht die verdiente Würdigung erfahren Jedenfalls steht heutzutage fest, daß die Sommersterblichkeit der Säuglinge nicht ausschließlich eine direkte Klimafolge ist, sondern daß noch andere Ursachen dabei beteiligt sind Wohl kaum bei einer anderen Krankheit sind die verschiedenen mitwirkenden Faktoren so deutlich und so eingehend studiert wie hier so daß sich kaum

³⁾ Tieffmann u Lindemann D m W 1912 Nr 29

ein besseres Beispiel findet, in dem sich klar zeigen läßt wie neben den obligaten Klimateinflüssen noch eine ganze Reihe von Hilfsfaktoren in Wirksamkeit treten müssen, um die Krankheit hervorzurufen

Lassen Sie uns die wichtigsten ins Auge fassen

In der europäischen Literatur der letzten Jahrzehnte besonders in Deutschland, wurde bis vor kurzem die Sommerhitze nur als indirekte Ursache der Sommercholera angesehen und diese auf *Milchverderbnis* zurückgeführt. Diese Auffassung war herrschend geworden nach dem großen Aufschwung der Bakteriologie die zeigte daß bei hoher Außentemperatur die Kuhmilch rasch von vielen Millionen Bakterien bevollkomet und zersetzt wird. Diese Annahme wird von vorneherein durch das Verhalten der Brustkinder nahegelegt die fast ganz oder doch überwiegend von der Sommersterblichkeit verschont bleiben

Es war in erster Linie *Flügge* der die proteolytischen Milchbakterien und von ihnen erzeugte Giftprodukte als Ursache der Sommerdiarrhöen anklagte. Andere beschuldigten wiederum die Streptokokken die im Kubeiter und in der Marktmilch zahlreich vorhanden sind. Freilich auch für den Laien nahe die Ursache der Sommerdiarrhöen in der Milchezersetzung zu suchen. Beobachtet doch jede Hausfrau wie die Milch in der Sommerhitze oft sauer wird und gerinnt. So fand man in einer guten Kuhmilch die bei 15 Grad C nach 15 Stunden 100 000 Keime im cm³ enthielt bei 37 Grad C nach dieser Zeit 165 Millionen

Nun waren aber alle Bemühungen umsonst die angenommenen Gifte nachzuweisen und die im Tierversuch giftige Milch ergab sich nach dem Kochen als ungiftig. Zudem sehen wir, daß die peptonisierenden Milchbakterien durch die Entwicklung der saurebildenden Bakterien stark gehemmt und praktisch wirkungslos gemacht werden, so daß wir unter gewöhnlichen Verhältnissen in der nicht sterilisierten Milch nur mit den saurebildenden Bakterien der Kuhmilch und nur mit der Säuregerinnung in der Sommerhitze zu rechnen haben. Die Säurebildner sind aber recht harmlos. In vielen Beziehungen wirken sie, bezw. die von ihnen erzeugte Milchsäure noch günstig. Geben wir doch die Buttermilch d. h. eine durch starke Milchsäurebakterienentwicklung geronnene Kuhmilch, als nützliche Nahrung den magendarmkranken Säuglingen und den zartesten Frühgeborenen mit Erfolg, ja sogar bei akutem Brechdurchfall vorteilhaft als erste Nahrung noch vor Frauenmilch. In Deutschland war man in dem großen Weltkriege gezwungen die Säuglinge oft mit einer schon sauer und geronnen eintreffenden Marktmilch zu ernähren. Störungen waren dabei nicht besonders häufig und die Sommersterblichkeit klein.

Alle diese Tatsachen zeigen, daß der *exogenen Infektion der Marktmilch* keine führende Rolle zufallen kann. Auch der Vorteil der sogenannten Kindermilch und der sterilisierten Milch zur Säuglingsernährung gegenüber der gewöhnlichen Marktmilch hat sich als recht unbedeutend erwiesen. Damit soll nicht bestritten werden daß spontan zersetzte Milch das Auftreten von Verdauungsstö-

ungen bei empfindlichen Säuglingen begünstigen kann. Die Untersuchung der letzten 20 Jahre haben aber den Schwerpunkt der Gärungsdiarrhoen nach einer andern Seite verlegt und haben gezeigt, daß wichtiger als die exogene Infektion der Nahrung die *endogene Infektion des Dunndarmes* ist.

Man ist darum in der Padiatrie fast allgemein davon abgekommen, der Zersetzung der Kuhmilch durch die Sommerhitze eine dominierende Rolle zuzuerkennen und hat wieder mehr nach dem Einfluß anderer Faktoren geforscht und die Arbeiten älterer Autoren besser gewürdigt. Mehr und mehr erkennen wir, daß diejenigen recht gehabt haben, die der Sommerhitze eine starke direkte Einwirkung auf das Kind zuschreiben. Dabei hat sich herausgestellt, daß der Schwerpunkt nicht in den Klimaverhältnissen eines Landes an sich ruht, sondern in der *Wohnungstemperatur dem Wohnungsklima*⁴⁾ wenn man so sagen darf, was *Meinert* schon vor 40 Jahren überzeugend dargetan hat. Erst seit große und enggebaute Städte entstanden sind mit dichter Industriebevölkerung, hat die Sommersterblichkeit eine namhafte Entwicklung erlangt. Die Säuglingssterblichkeit im allgemeinen war früher in den rasch wachsenden Großstädten stärker als auf dem offenen Lande. Jetzt ist sie in vielen Städten dank den sanitären Einrichtungen und der besseren Belehrung der Bevölkerung kleiner geworden als auf dem Lande, aber die höhere Sommersterblichkeit der Flaschenkinder der Städte ist zum Teil noch geblieben. Sie betrifft in den Großstädten ausschließlich die dichtbewohnten Arbeiterviertel und verschont die Villenquartiere der wohlhabenden Bevölkerung. Die Kellerwohnungen sind weniger heimgesucht als die oberen Stockwerke, die der Besonnung und Durchwärmung mehr ausgesetzt sind. Die Wohnungstemperatur steigt langsamer als die Außentemperatur. Sie kann aber höhere Grade erreichen, so daß man in Dachwohnungen oft schon Temperaturen von 30 Grad gefunden hat, wo sich die Außentemperatur nur mehr um 20 Grad herum bewegt hat. Am meisten gefährdet sind Städte, in denen die Nacht keine Abkühlung bringt. So erklärt sich z. B. der früher hohe Sommergipfel von Düsseldorf gegenüber dem fehlenden in München. Ein Hauptvorteil der kleinen Städte und des offenen Landes ist es, daß die lockere Bauart die nahen Wiesen und Wälder nichts eine Abkühlung bringen. Die engen Hausermassen der großen Städte lassen dies nicht zu.

Die Gefahr wird durch den *Mangel der Ventilierbarkeit der Wohnungen* gesteigert. So hat man in Graz festgestellt, daß von den durch Brechdurchfall heimgesuchten Wohnungen nur 15 % durchlüftbar waren. Bei heerschendem Winde nehmen die Sommerdiarrhoen ab.

Ballard hat für England (1887) ebenfalls den Einfluß der Wohnung überzeugend nachgewiesen. Er fand die Brechdurchfälle überwiegend in

⁴⁾ Sicher spielt starker *Feuchtigkeitsgehalt der Luft* auch eine Rolle, ohne daß man genaueres darüber weiß.

Häusern mit behinderter Luftzirkulation so in kleinen Häusern die zwischen großen eingeschlossen waren in Höfen oder engen Gassen ebenso in Straßen die im Sommer nicht von den vorherrschenden Winden bestrichen werden konnten oder deren Hinterfront dem Winde nicht zugänglich war. Der Mangel der Ventilierbarkeit machte sich besonders geltend in Häusern die Rücken an Rücken gebaut waren. Diese Verhältnisse erklären es daß in allen Städten gewisse Häuser und gewisse Wohnungen in den engen Arbeitervierteln vorzugsweise heimgesucht werden.

Aus heißen Ländern kenne ich nur Mitteilungen aus Unterägypten über häufige Sommerdiarrhoen. *Engel Bey* führt diese Fälle der einheimischen Bevölkerung, die bemerkenswerterweise Brustkinde betroffen auf die heißen und schlechten Wohnungen zurück. Es handelt sich um die Sudquartiere von Kairo die direkt der Sonne ausgesetzt sind, wogegen Port Said und Alexandrien die den Nordwind des Meeres haben, verhältnismaßig verschont sind.

Zu den heißen Wohnungen gesellt sich noch ein äußerst wichtiger Faktor hinzu. Es ist dies die *warme Bekleidung* die in den beteiligten Ländern üblich ist. Sicher sind die Säuglinge in unsern Klimaten während eines großen Teils des Jahres warmeschutzbedürftig. Unsere Wohnungen und Kleidungen sind wegen der kalten Jahreszeit allgemein auf Warmeschutz eingerichtet. Nun herrscht in vielen der in Frage kommenden Länder aber die gedankenlose Sitte die Säuglinge auch im Sommer warm einzupacken zum Teil in sogenannten Steckbetten dazu noch mit Einlage von Gummistoffen umhüllt. So kann es uns nicht wundern, daß *Meinert* in Dresden in heißen Sommer Tagen bei so eingepackten Säuglingen oft Temperaturen bis zu 40 Grad C fand bei Kindern, die nach Aussage der Eltern noch völlig gesund waren und zu dieser Zeit auch noch keine Störungen nachweisen ließen. Diese Kleidungs- oder besser gesagt Unsitte gibt uns eine gute Erklärung, warum die Sommersterblichkeit vorherrscht in Ländern mit kaltem Winter und heißem Sommer. Hier wo Wohnung und Kleidung auf Warmeschutz berechnet sind, kommen viele Mütter erst allmählich und spät in der heißen Jahreszeit dazu ihre Säuglinge leichter zu kleiden. So mochte ich es auch erklären, daß ich früher in Basel in einzelnen Jahren auffällig häufig im Mai schwere Brechdurchfälle sah, wenn sich nämlich am Schlusse des Winters rasch und unvermittelt starke Hitze einstellte, wogegen der heiße Sommer weniger akute schwere Schädigungen nachbrachte. Daß im Hochgebirge keine erhöhte Sommersterblichkeit besteht und auch nie bestanden hat, trotz der warmen Säuglingskleidung erklärt sich ohne weiteres.

Nahe im Zusammenhang mit der verstandnislosen warmen Bekleidung der Säuglinge im Sommer stehen sonstige *Pflegemängel* die wiederum am stärksten die Proletarierfamilien betreffen. Vorzugsweise solche, deren Frauen tagsüber auswarts auf Arbeit gehen. Deren Kinder, die schon in der kühlen Jahreszeit vermehrte Störungen aller Art erwerben und eine erhöhte Sterblichkeit aufweisen sind im Sommer besonders gefährdet und erleiden wegen mangelnder

Pflege und Reinlichkeit manche Infektion, z. B. Furunkulose und Entzündungen der Harnwege, die sich bis zu allgemeiner Sepsis entwickeln können

Noch *andere soziale Momente* gelangen zur Auswirkung. Die Sommersterblichkeit in Europa war am stärksten in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts, zur Zeit des raschesten Wachstums der Großstädte, verbunden mit der überhandnehmenden Industrialisierung und der Abnahme des Stillens. Zugleich in einer Zeit, wo die Fruchtbarkeit der Bevölkerung noch groß war. Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts, lange vor dem großen Kriege, hat die willkürliche Beschränkung der Geburtenzahl eine bedeutende Verbreitung erlangt und hat sich in ungeahntem Maße gesteigert. Damit hat auch die Sommersterblichkeit keinen wesentlichen Grad mehr erreicht. Ich selbst habe in den Städten meiner Tätigkeit, Basel (1891—1906), Heidelberg und Zürich, nur in Basel in einzelnen Jahren noch eine deutliche Sommersterblichkeit erlebt. Nach 1911 haben die Schweizer Städte auch viele andere Städte in Deutschland und im übrigen Europa keinen Sommergipfel mehr aufzuweisen⁵⁾. Es kann dies nicht durch die geringen Sommertemperaturen erklärt werden. In früheren Zeiten am Ende des vorigen Jahrhunderts, hatte Berlin an heißen Tagen oft noch eine Säuglingssterblichkeit von 100 und mehr, so 1889 an einem Tage 141 Todesfälle. 1911 in dem ungemein heißen Sommer betrug das Maximum an einem Tage 60. Die Geburtenzahl in Berlin sank von den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts bis vor dem großen Kriege von 41,4‰ auf 20,6 ‰, die Säuglingssterblichkeit im gleichen Zeitraum von 32% auf 14,5%.

Die im allgemeinen wie im Sommer stark sinkende Säuglingssterblichkeit darf man weniger auf die Fortschritte der öffentlichen Hygiene zurückführen als auf die verminderte Geburtenzahl. Wenn eine Mutter nur 1—2 Kinder zu besorgen hat, so kann sie ihnen weit mehr Aufmerksamkeit und Pflege zuwenden, als wenn sie jedes Jahr ein Neugeborenes in der Wiege liegen hat. Dabei wollen wir die günstigen Folgen der vermehrten Säuglingsfürsorge keineswegs unterschätzen. Charlottenburg hatte im heißen Sommer 1911 keine vermehrte Sommersterblichkeit, wenn auch vermehrte Sommerdiarrhoen auftraten. Kleine Geburtenzahl, im allgemeinen bessere Wohnungsverhältnisse und besonders die stark ausgebauten Säuglingsfürsorge erklären das erfreuliche Ergebnis.

Noch ist ein weiterer Punkt in der Pathogenese der Sommercholera zu erwähnen. *Genersich* hat gezeigt, daß Säuglinge im Wickelkissen im allgemeinen nach 2 Stunden bei einer Zimmertemperatur von durchschnittlich 24 Grad C anfangen, erhöhte Temperaturen zu zeigen. Säuglinge, die nicht eingepackt im Warmezimmer lagen,

) In Berlin fiel nach Kalendervierteljahre gerechnet der Höhepunkt der Säuglingssterblichkeit 1900—1912 noch stets ins 3. Kalendervierteljahr 1914—1922 nur noch 2mal nämlich in den heißen Sommern 1914 und 1917 (Vierteljahrsbericht des Statist. Amtes der Stadt Berlin 1923).

eist bei einer Temperatur von 28—30 Grad *Rietschel* gibt an daß einnahrungsgestörte Säuglinge bei hoher Zimmertemperatur leichter als gesunde mit erhöhter Körpertemperatur reagieren Worauf dies beruht ist schwer zu sagen Da sich nicht immer Darmstörungen einstellen darf man die erhöhte Temperatur nicht ohne weiteres auf Gärungen im Magendarmkanal zurückführen Die Hitze schädigt den Allgemeinzustand und damit *die Immunität des Kindes* offenbar auch die Wärmeregulation (übrigens stellt sich bei den Störungen durch die Sommerhitze nicht immer erhöhte Körpertemperatur ein (*Rietschel*) Ähnliches erlebt man ja auch bei empfindlichen Erwachsenen Bei hoher Außentemperatur wird die peptische Kraft und das Labvermögen des Säuglingsmagens geschädigt, die Salzsäureproduktion vermindert Dadurch wird die endogene Infektion des Dunndarmes begünstigt Um so eher als viele Mütter den Durst ihrer Säuglinge im Sommer verlernen und dem gering saugenden Kinde statt Wasser oder Thee vermehrte Nahrung zuführen So kann Ueberhitzung des Flaschenkindes auch bei unverdorbener Milch zu Diarrhoe und Brechdurchfall führen

Überblicken wir die Ergebnisse der Forschungen über die Ursachen der Sommersterblichkeit insgesamt so muß man diese ohne Zweifel zu den Klimakrankheiten rechnen *Aber nur unter ganz extremen Hitzeverhältnissen wie sie am ehesten in den Vereinigten Staaten vorkommen darf man in der Hitze allein die Ursache erblicken In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle besteht ein ganzer Komplex von Ursachen* Es wirken mit die Verhältnisse des modernen Kulturlebens, vor allem Wohnung Kleidung, künstliche Ernährung und Pflege Bei Ausschaltung dieser mannigfachen schädigenden Faktoren läßt sich die Sommersterblichkeit vermeiden

Gestatten Sie mir nun noch die Beziehungen einer andern Kinderkrankheit zum Klima zu streifen die dazu besonders verlockend erscheint Es ist dies *die Rachitis* also sozusagen eine spezifische Kinderkrankheit Ihr Wesen ist noch unbekannt Es handelt sich um eine Stoffwechselstörung, die durch verschiedene äußere Schädigungen unseres Kulturlebens (unrichtige Ernährung, schlechte Wohnung, Mangel an Licht) mit experimenteller Sicherheit zur Entwicklung gelangt Die Kenntnisse über die geographische Verbreitung sind noch düftig und widersprechend soviel ist aber sicher daß in allen Kulturländern sie ungeheuer verbreitet ist bei den wilden Völkern und in den sonnenreichen Tropen zurücktritt oder fehlt Ueber die Verhältnisse im einzelnen sind wir noch mangelhaft unterrichtet Es besteht für das subjektive Urteil ein großer Spielraum je nach dem man die zahllosen leichten Fälle berücksichtigt oder übersieht Es besteht z B auch keine Einigkeit unter den deutschen Kinderärzten ob die Rachitis im großen Weltkriege zugenommen hat oder nicht

Vor langen Jahren habe ich mich bemüht, einen persönlichen Einblick in die geographische Verbreitung der Rachitis zu gewinnen

nen⁶⁾ Veranlassung dazu war die Angabe des Davoser Arztes *Voland* der die Rachitis als in Davos unbekannt erklärte (1885). Ich habe bei den Schweizer Aerzten eine Sammelforschung unternommen und habe persönliche Untersuchungen der Kleinkinder auf Rachitis bei der armen Bevölkerung in Davos und in den Ortschaften des Oberengadins gemacht. Damals habe ich gefunden und später an andern Orten bestätigt, daß auch in den hochstgelegenen Dörfern unserer Alpen Rachitis vorkommt, allerdings entschieden seltener und besonders in schwächerem Grade als im Tieflande. Bei den in Davos (1600 m) geborenen Kindern waren hauptsächlich die Familien der eingewanderten Handwerker befallen. Wichtig schienen mir dabei deren schlechte und ungünstige Wohnungen gewesen zu sein. Eine Einschleppung aus dem Tiefland, die man vermutete etwa auf infektiöser Basis, mochte ich ausschließen, da auch Familien beteiligt waren, die so lange man wußte, die Gegend bewohnten, jedenfalls seit einigen Generationen. Auch die höchsten Lagen sind nicht verschont. So traf ich selbst auf dem Albulahospiz (2315 m) ein rachitisches Kind, das den einheimischen Wirtsleuten gehörte, dort oben geboren war und immer dort gelebt hatte. Allerdings war das 3jährige Kind in jener ruhigen Gegend nur wenig ins Freie gekommen.

Die Aerzte des Hochgebirges bestätigten durchwegs meine Beobachtungen, daß dort die Rachitis nur selten und nur in schwacher Form vorkommt. So lernen die Kinder dieser Gegenden durchschnittlich früh freigehen. In Pontresina (1800 m) versicherte mir die Frau eines Beigüheers, daß von ihren 10 Kindern 4 mit 9 Monaten frei laufen konnten. Nach den Aufzeichnungen von *Neumann*⁷⁾ gehen die Kinder in Arosa (1850 m) durchschnittlich mit 13 Monaten frei. In gleichem Sinne spricht die Seltenheit oder das Fehlen des *Spasmus glottidis* der kleinen Kinder im Hochgebirge nach übereinstimmenden Angaben der Aerzte in Davos, Arosa und Engadin.

Was die Verbreitung der Rachitis in andern Ländern und bei andern Völkern anbelangt, so seien hier nur *die Neger* und *die Italiener* berücksichtigt. Nach Berichten vieler Autoren, ich verfüge auch über persönliche von Missionsärzten, sind die Neger in Afrika die noch unter ihren natürlichen Bedingungen leben, frei von Rachitis. Dagegen sind die Negerkinder in Nordamerika selbst in den Sudstaaten schwer befallen, ungleich schwerer als die weißen Kinder jener Länder. In Afrika leben die Neger fast ganz im Freien und das ganze Jahr hindurch an der Sonne. In Amerika in schmutzigen, dunkeln und engen Wohnungen. In Zürich, auch in andern Städten Zentraleuropas, sieht man die schweren Fälle von Rachitis überwiegend bei Italienerkindern. Auch hier muß man die engen, überfüllten Wohnungen anschuldigen und die Furcht der Italiener, ihre Kinder in unseren Klimaten bei nicht ganz gutem Wetter hinauszubringen.

⁶⁾ Zur geogr. Verbreitung und Aetiologie der Rachitis (Festschrift f. Hagenbach-Burckhardt, Verlag, Sallmann, Basel u. Leipzig 1897).

⁷⁾ D. m. W. 1909 Nr. 49.

Man darf es wohl als Tatsache bezeichnen, daß die Rachitis in sonnigen warmen Klimaten, sofern das Wohnungsklima keine große Rolle spielt, nicht zur Entwicklung gelangt. Im Hochgebirge wirken die intensive Sonnenbestrahlung und gewiß auch der verminderte Sauerstoffpartialdruck günstig und sind sogar imstande, die schädliche Wirkung des lang dauernden Aufenthaltes in den durchaus nicht idealen Wohnungen aufzuheben oder doch zu mildern. Vermutlich besteht dabei eine Reizwirkung des Hohenklimas auf Blut und Knochenmark im Sinne der Rachitisverhütung, wie auch Rachitis im Hohenklima gut heilt. Eine Bestätigung der ausgezeichneten Wirkung der Sonnenbestrahlung an sich gibt der sichtliche Erfolg systematischer Sonnenbäder bei dieser Krankheit im Tieflande, sodann der Quarzlampe, deren ultraviolette Strahlen eine überraschend schnelle Heilung erzielen. Die Stoffwechselversuche bei Kindern und die Experimente an Tieren haben dies in den letzten Jahren vielfach erhärtet wie wir es auch aus den Arbeiten von Prof. *Sonne* gehört haben.

Es liegt nahe das Hochgebirge zur Behandlung der Rachitis zu empfehlen. Im allgemeinen erubrigt sich dies. Die Rachitis ist in ihren schweren Formen nur bei der armen Bevölkerung zu finden und ist so verbreitet, daß die Mittel zu so zahlreichen Hochgebirgskuren nicht aufzubringen waren. Sodann besitzen wir im Tiefland sichere Mittel zur Heilung: Aufenthalt in guter Luft, im Freien und in der Sonne, richtige Ernährung. Es wird noch vielfach nicht genügend beachtet, daß übermäßige Milchnahrung und Mangel an Gemüse und Obst eine der wichtigsten Ursachen abgeben. Treffliche Mittel sind Lebertran und Quarzlampe. Es ist bemerkenswert, daß in Zürich unter dem Einfluß der gebesserten hygienischen Verhältnisse schwere Fälle selten geworden sind, so daß wir oft Muhe haben, geeignete Patienten für die zürcherische Heilstätte in Aegeri zu finden, die vor 50 Jahren speziell für Rachitische gegründet wurde. Gerade diese Anstalt bietet nachdrücklich den Beweis, daß viel Genuß von freier Luft und Sonne, noch unterstützt von einer hohen Lage (750 m), die Rachitis sehr wirksam bekämpft. Die guten Erfolge dieser Anstalt beweisen um so mehr den Nutzen der Freiluft- und Sonnenbehandlung in höherer Lage als solche dort auch schon früher bei starker Milchzufuhr erzielt wurden, bei Milchmengen (1—2 Liter im Tag), die zum Beispiel in Zürich die Heilung ganz hintan gehalten hatten.

Da wir hier das therapeutische Gebiet betreten haben, so erlauben Sie mir noch zum Schluß einige ganz kurze praktische Bemerkungen über die *Anwendung klimatischer Kuren* bei Kindern. Der Ort unserer Tagung mag es erklären, wenn ich in erster Linie das Hochgebirge ins Auge fasse⁸⁾

⁸⁾ Ausführlich habe ich die Einwirkung des Hohenklimas behandelt in der Schweiz. Med. Wschr. 1921 Nr. 19.

Die hervorragenden Erfolge des Hochgebirgsklimas bei *Tuberkulose jeder Art* sind so unbestritten, daß es genügt sie zu erwähnen. Die Arbeiten von *Bernhard* und *Rollier* geben einen eindrucksvollen Beweis für die ausgezeichneten Erfolge bei der Tuberkulose der Knochen und Gelenke der Bronchialdrüsen und der Skrofulose.

Tieflich sind die Erfolge bei allgemeiner *schwacher Konstitution* bei schlaffen Kindern mit asthenischem Habitus schlecht entwickeltem Thorax, bei verzögerter Rekonvaleszenz nach den verschiedensten Krankheiten.

Ferner ist zu nennen die *exsudative Diathese* in ihren mannigfachen Äußerungen vor allem bei pastosem Habitus auch bei vielen Ekzemen, bei Neigung zu Katarrhen. Unbetroffen sind die Erfolge des Hochgebirges bei *Asthma*.

Die *Neuropathie* in ihren mannigfachen Formen erfährt oft Besserung oder Heilung.

Ein besonders dankbares Gebiet sind die verschiedenen Formen der *sekundären Anämien* leicht erklärlich durch die günstigen Bedingungen der verbesserten und beschleunigten Blutregeneration im Höhenklima.

Sonst sind im einzelnen die Kurefolge nicht leicht klar zu legen. Die verschiedenen in Frage kommenden Faktoren sind auf dieser Tagung schon so einläßlich behandelt worden, daß ich nicht darauf einzugehen brauche. Aber ebenso oder fast ebenso wichtig als das Klima sind andere, *nicht spezifische Faktoren* das Aussetzen der Schule, der Milieuwechsel, die Trennung von angstlichen oder aufgeregten Eltern, die neuen und anregenden seelischen Eindrücke, eine richtigere Ernährung usw.

Die *Akklimation* der Kinder stößt bei ihrer elastischen, reaktionsfähigen Natur auf keine Schwierigkeiten. Im Gegensatz zum Erwachsenen sind Akklimationsbeschwerden *causae* unbekannt. So erubigt sich auch bei der Reise ins Hochgebirge eine Zwischenstation, die nach meinen Beobachtungen auch bei vielen Erwachsenen nur psychisch bedingt ist, nämlich bei solchen, die an ihre Notwendigkeit glauben. Das Hochgebirge stellt allerdings ein Reizklima dar, das noch Reserven und Reaktionsfähigkeit verlangt, so daß man ganz elende und schwer anämische Kinder nicht hinbringen soll. Aber selbst ganz junge gesunde Säuglinge und sehr schwächliche ältere Kinder erleiden durch die Transferierung keinen Nachteil. Allerdings müssen sie in der ersten Zeit ganz ruhig gehalten werden.

Immer ist zu entscheiden, wo und wie lange *Schonung* nötig ist und wo und wann *Übung* Platz greifen darf. Es ist dies überhaupt eine der schwierigsten und wichtigsten Fragen der Therapie. Es ist stets zu bedenken, daß das Höhenklima schon in der Ruhe ein Übungsklima darstellt. Immerhin wird bei vielen Hochgebirgskuren nach meiner Ansicht bei Kindern oft zu lang im Stadium der Schonung beharrt. Am ehesten erlebte ich ungünstige Erfolge bei

sehr reizbarem Nervensystem. Solche Kinder werden oft aufgeregter schlaflos, schlechter Laune und lassen die vermehrte Eßlust vermissen die sich bei normalen im Beginn des Hochgebirgsaufenthaltes einstellt. Diese Kinder ertragen oft gar keine Sonnenbäder die ja sonst eines der besten und kraftigsten Heilmittel darstellen. Es handelt sich vielfach um Konstitutionen, die auch schon zu Hause Reizmittel zum Beispiel kalte Waschungen, schlecht ertragen haben.

Winterkuren wirken im allgemeinen besser als *Sommerkuren*. Es ist dies leicht verständlich, da die Kinder dabei meist einem nebligen und nassen Tiefenklima entzogen werden wo der Sommer relativ gut ist, und in Sonne und Schnee den anregenden und starkenden Wintersport betreiben können.

Mit Ausnahme von Asthma und Tuberkulose genügen oft schon 1—2 Monate, um gute Erfolge zu erzielen. Nach meinen Beobachtungen wirken mehrmalige jährlich wiederholte Kurufenthalte von einigen Wochen oder Monaten in vielen Fällen besser als wenn die gleiche Zeit ohne Zwischenpause oben zugebracht wird. Der Organismus empfängt bei jedem neuen Aufenthalt wieder einen frischen Impuls.

Nun machen wir aber die Erfahrung daß bei den meisten Zuständen und Krankheiten Tuberkulose und Asthma ausgenommen, ähnliche oder gleich gute Erfolge wie im Hochgebirge erzielt werden im *Mittelgebirge* oder *an der See* selbst in günstigen waldreichen Gegenden des *Tieflandes*. Wir Aerzte der Städte sind am besten in der Lage, hier ein Urteil abgeben zu dürfen, besser als die Aerzte der Kurorte welche die hauslichen Verhältnisse nicht kennen und keine Vergleiche ziehen können mit den Erfolgen in andern Orten. Es geben also nicht spezifische Faktoren der einzelnen Kurorte ausschließlich den Ausschlag sondern auch solche, die den betreffenden Orten gemeinsam zukommen. Ohne weiteres erklärlich sind natürlich die guten Erfolge eines beliebigen Kurortes bei Kindern, deren Wohnung und Ernährungsverhältnisse zu Hause mangelhaft waren. So sehen wir schon hervorragende Wirkungen in den einfachen *Ferienheimen* und *Walderholungsstätten*. Ich sah solche auch in einem Kinderheim an der Peripherie von Basel das Kinder aus den schlechten Wohnungen der engen Altstadt aufnahm.

Eine hervorragende Bedeutung kommt der *Ernährung* zu die beim Kinde häufiger fehlerhaft ist als bei Erwachsenen und in den Folgen schwerwiegender. So sehen wir selbst im Hochgebirge bei unrichtiger Ernährung schwere Anämien sich entwickeln. Vor einigen Jahren wurde ein 3jähriges elendes Knablen von wohlhabenden Bauern aus einem hochgelegenen Dorf Graubündens (1400 m) in unsere Klinik gebracht. Es war seit 2 Jahren so schwach geworden daß es nicht mehr sitzen konnte. Seine Nahrung hatte größtenteils aus Milch und Brot bestanden. Der leichenblasse Knabe hatte noch 2 3 Millionen rote Blutkörperchen und 18% Hämoglobin. Bei vollem Ausschluß der Milch und bei gemischter Kost unter Zugabe

von Eisen erfolgte in Zürich in 4 Monaten eine glänzende Heilung mit 75% Hämoglobin und 6 8 Millionen roten Blutkörperchen

Die unvermeidlich neben den Klimaänderungen erfolgenden sonstigen Änderungen erklären es, daß wir zwar durch die ausgezeichneten Arbeiten unserer Klimaforscher über die einzelnen Klimate in vielen Punkten schon gut orientiert sind, gerade über das Hochgebirge, daß wir aber noch weit davon entfernt sind die Einwirkung der einzelnen Klimate auf den kranken Menschen und auch auf das kranke Kind genau zu kennen und scharfe Indikationen aufstellen zu können. *Hochgebirgs-* und *Seeklima* stellen beide *Reizklimate* dar. So ist es begreiflich, daß ihre Indikationen zum Teil übereinstimmen. Eines scheint mir sicher zu sein, daß bei Tuberkulose auch bei solcher der Drüsen und Knochen und bei Asthma dem Hochgebirge die besten Erfolge zuzusprechen sind, daß dagegen bei Neigung zu Katarrhen der oberen Luftwege das Seeklima besser wirkt.

Kuren im Hochgebirge und am Meer werden immer nur einem kleinen Teil der Menschen zugänglich sein. Es stehen uns aber noch die klimatischen Hilfsmittel des Mittelgebirges und Tieflandes zur Verfügung, die lange nicht in genügendem Maße ausgenutzt sind und auf welche doch die meisten Menschen beschränkt bleiben. *Luft* und *Sonne* und ich möchte hinzufügen das *Wasser* in der richtigen Anwendung in und außerhalb des Hauses am Wohnort sind in ihrer Wichtigkeit noch zu wenig gewürdigt und doch glücklicherweise fast überall in genügender Menge vorhanden oder zu beschaffen, um günstige Lebensbedingungen für Gesunde und selbst Kranke zu erzielen. Noch fehlen aber vielfach Verständnis und Mittel, um sie der Allgemeinheit in vollem Maße nutzbar zu machen. Lassen sie uns Ärzte darin mitarbeiten überall auch in den Städten der Gesundheit und Kraft spendenden reinen Luft und Sonne Geltung und Anwendung zu verschaffen. Die großen Vorzüge des Hochgebirges und des Meeres bleiben immer noch bestehen. Wir anerkennen sie freudig und dankbar!

(Aus den Arbeiten des csl Statistisches Institut für Kindertuberkulose in
Dolný Smokovec in der hohen Tatra Siobar Institut)

Der Einfluß des Hohenklimas auf das Wachstum der Kinder¹⁾

Von Dr. *Josef Mikos*

Diese Arbeit war ursprünglich in kleinerem Maßstab beabsichtigt zur Feststellung der Vorzüge des in der tschechoslowakischen Republik einzig dastehenden Hohenklimas der hohen Tatra im Vergleich zu den übrigen klimatischen Bezirken, besonders dem Klima der Niederungen und niedrigeren Bergzüge, welche in der Republik vorherrschen. Die befriedigenden anfänglichen Ergebnisse über den Einfluß der einzelnen klimatischen Elemente führten zu einer detaillierten Analyse in dieser Richtung. Die Analyse führte zur Erkenntnis des Prinzips vom Einfluß der klimatischen Elemente, und zwar so, daß diese Prinzipien bis zur Grenze gesetzmäßiger Zusammenhänge reichen und derart retrospektiv vieles auch in den lokalen Schattierungen des Klimas aufhellen, was sonst unbekannt geblieben wäre.

Auffallend in den Statistiken des Siobar'schen Instituts war die Erscheinung, daß die wöchentlichen Beträge der durchschnittlichen Gewichtszunahme der Patienten keineswegs einen idealen, gleichmäßigen Verlauf, sondern erhebliche Schwankungen aufwiesen.

Da die graphische Darstellung zahlreiche auffallende Zusammenhänge mit den atmosphärischen und klimatischen Elementen zeigte, wurde eine detaillierte Bearbeitung in einer Richtung durchgeführt, die den Einfluß des Hohenklimas der Tatra genauer klarlegen sollte. Zu diesem Zweck wurden die Reihen der wöchentlichen mittlern Gewichte so berechnet, daß für jede Woche im Jahr der mittlere Betrag der Gewichtszunahme (eventuell abnahme) pro Kopf festgestellt wurde.

Nach dem Muster des Sanatoriums des Trudeau wurden ferner die wöchentlichen Prozentzahlen der Zunahme der Abnahme und die Prozente der unveränderten Gewichte berechnet, die statistisch viel

¹⁾ Unter Wachstum wird in dieser Arbeit grundsätzlich Gewichtszunahme verstanden.

Interesse bieten Für die wissenschaftliche Behandlung in klimatologischer Richtung war jedoch diese Methode nicht so durchsichtig wie die Methode der mittlern Zunahme gleich der Intensität des Wachstums ¹⁾

Da die Beträge der körperlichen Gewichtszunahme für kürzere Perioden als eine Woche nur sehr schwierig und auf Kosten der Genauigkeit der Ergebnisse sichergestellt werden konnten wurden die Reihen der meteorologischen Elemente so angeordnet und durchgerechnet, daß sie homogen korrelative Reihen zu den Beträgen bilden welche die Gewichtsschwankungen angeben Diese Anordnung für die Korrelation erwies sich als fruchtbringend und brachte bemerkenswerte Ergebnisse (Als Jahreszeiten wurden verwendet Für den Frühling der April bis Juni, für den Sommer der Juli bis September als Herbst der Oktober bis Dezember als Winter der Januar bis März, somit ganze Monate und nicht Zeiträume welche mit dem 21 oder 23 Monatstig endeten)

Die klimatologischen Elemente wurden in jener Reihenfolge vorgenommen die ihrer deutlichen und klaren Wirksamkeit auf das Wachstum entspricht Hinsichtlich der Wirksamkeit ordnen sich als nahezu gleichbedeutend die Feuchtigkeit, die Temperatur und der Sonnenschein ferner in absteigender Reihenfolge die Elemente, wie sie weiter angeführt sind, mit Ausnahme des Einflusses der atmosphärischen Zirkulation, welche gleich nach den erst angeführten Elementen hatte kommen sollen, jedoch aus methodischen Gründen weiter nach rückwärts verlegt wurde

(Für den Sonnenschein und die Sonnenstrahlung waren noch detaillierte Daten notwendig gewesen, und zwar nicht nur über die Gesamtstrahlung sondern auch die Teilstrahlung für die einzelnen Teile des Spektrums, doch standen diese für den angeführten Zeitraum leider überhaupt nicht zur Verfügung ²⁾ Es kamen sonst nur die Angaben des *Campbell Stokes'schen* Heliographen und Bewölkungsbeobachtungen zur Verwendung)

Beim Vergleich der Korrelationsreihen ergab sich stets nur das Überwiegen eines klimatischen Elementes über die andern ohne daß sich ihre Wirkungen streng voneinander trennen lassen Stets sind in einem bestimmten Zusammenspiel alle meteorologischen Elemente harmonisch wirksam Es wirkt somit nicht nur die atmosphärische Temperatur ohne Sonnenschein und ohne Einfluß der Feuchtigkeit Ähnlich ist eng und harmonisch die Windstärke mit der Verdunstung, der Feuchtigkeit der Temperatur usw. verknüpft

Die Analyse wurde dadurch ermöglicht daß es in den Reihen und Deduktionen den einzelnen Elementen freigestellt wurde, über die übrigen in ihrer Wirksamkeit auf die Intensität des Wachstums zu überwiegen, und erst dann wurde sukzessive synthetisch beobach-

¹⁾ Erst für das Jahr 1924 und 1925 werden Angaben über die Gesamtstrahlung nach einem Voloschin Aktinometer zur Verfügung stehen

tet, wie die Gesamtharmonie der Elemente auf das atmosphärische Wechselspiel (Zyklonen Antizyklonen Waime und Kaltewellen) ein wirkt und schließlich der gesamte relativ harmonische Einfluß der klimatischen Jahresschwankung

Der Einfluß der klimatischen Elemente auf das Wachstum der Kinder — hier sind das die Patientenzöglinge in der Hohen Tatra

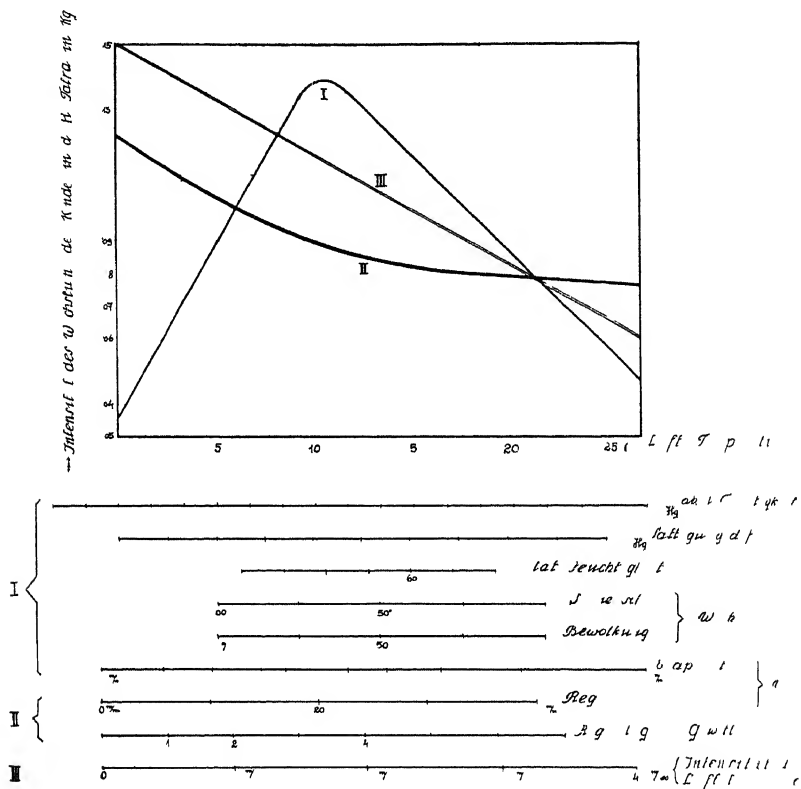


Abbildung 1

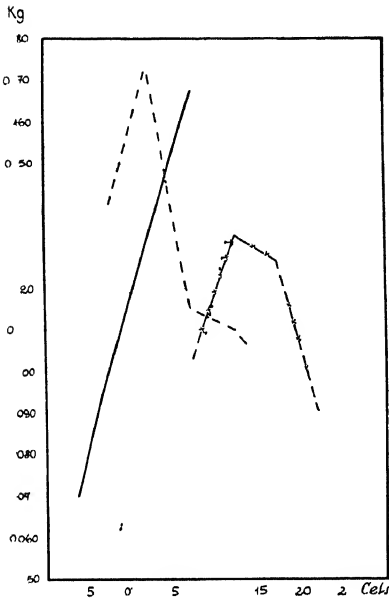
Einfluß der klimatischen Elemente auf das Wachstum der Patienten
Zöglinge im Srobar Institut Hohe Tatra 900 m Tschechoslowakei

— kann auf Grund genauer Analysen (19,000 Fälle) sehr präzise definiert werden (Abbildung Nr 1) Das Prinzip des Zusammenhangs ist ein dreifaches, respektive mit Rücksicht auf seinen Charakter nur zweifaches

1 Eine Abhängigkeit bei welcher Einfluß und Wirkung der atmosphärischen Elemente proportional zu den steigenden oder sinkenden Werten der klimatischen Elemente zunehmen bis zu einem bestimmten Grenzwert gleich dem Optimum auf welches ein Rückgang (eine

Abnahme) des günstigen Einflusses erfolgt, trotz proportional weiter steigender oder sinkender Werte der Elemente

Vor dem Optimum kann man von einem gewissermaßen positiven nach dem Optimum von einem negativen Einfluß reden. Hierher gehören die Elemente Feuchtigkeit, Lufttemperatur, Sonnenschein und Bewölkung. Verdunstung, desgleichen Schwankung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit.



----- Feuchtigkeit
 ----- Sonnenschein
 ----- Temperatur

Abbildung 2

Lufttemperatur und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

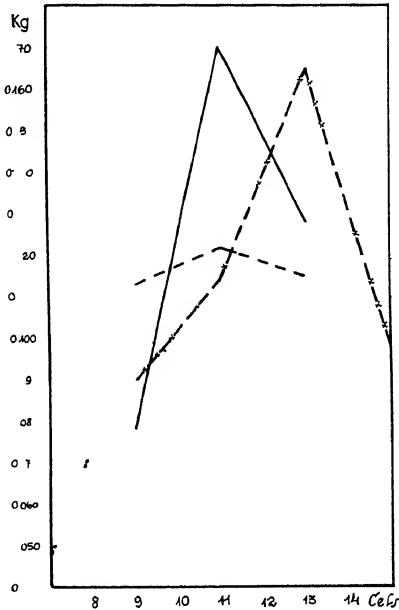


Abbildung 3

Die Tagesschwankung der Lufttemperatur und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

2 Gleichförmiger Zusammenhang innerhalb der Grenzen der ganzen klimatischen Schwankung des betreffenden Elementes. Je weiter die Werte der atmosphärischen Elemente anstiegen, um so mehr steigt, respektive sinkt ihr Einfluß und umgekehrt.

a) Niederschlag, Regentage (umgekehrt Trockentage), wo die Reaktion des Wachstums auf eine geringere Niederschlagsmenge und Anzahl von Niederschlagstagen relativ groß ist, indem das Wachstum rasch abnimmt, worauf bei weiter steigendem Betrag des betreffenden

Elementes die Reaktion allmählich abnimmt, die Intensität des Wachstums also im langsamern Tempo vor sich geht

b) Intensität der atmosphärischen Stömung je größer diese ist, um so proportional ungünstiger ist der Einfluß auf die Intensität des Wachstums, je schwächer, um so günstiger

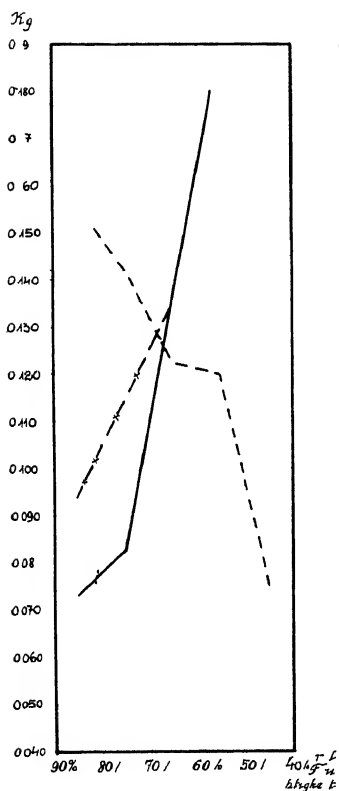


Abbildung 4
Relative Feuchtigkeit
u Wachstum der Kinder
in der Hohen Tatra

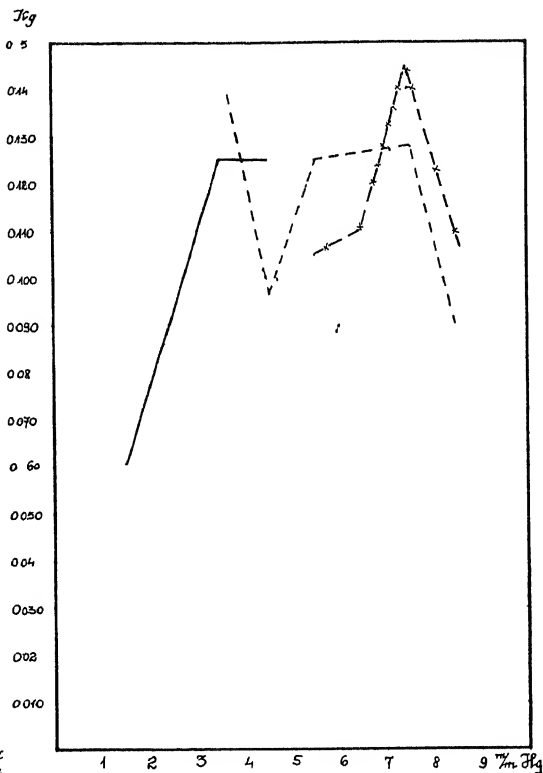


Abbildung 5
Absolute Feuchtigkeit
und Wachstum der Kinder
in der Hohen Tatra

Die Wirkung der einzelnen Elemente ist im Detail folgende
Einfluß der Lufttemperatur (Abbildung Nr 2) Je höher diese
ist, um so größer ist die Intensität des Wachstums von den tiefsten
Werten unter Null die im Klima der Hohen Tatra überhaupt exi

stieren bis zu optimalen Grenzwerten. Die optimale Temperatur für das Wachstum der Kinder schwankt zwischen 25°C im Frühjahr und 15°C im Sommer, von welchem Wärmegrad an ein gegenteiliger Einfluß eintritt. Der mittlere optimale Grenzwert für den unbekleideten menschlichen Körper ist die Lufttemperatur 10°C , gleich der

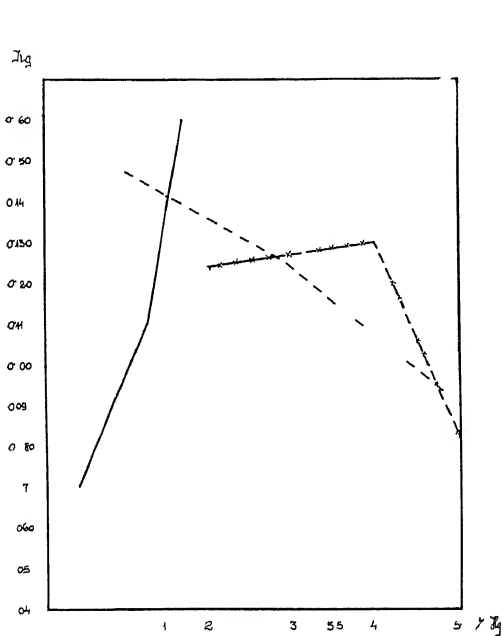


Abbildung 6
Sättigungsdefizit und Wachstum
der Kinder in der Hohen Tatra

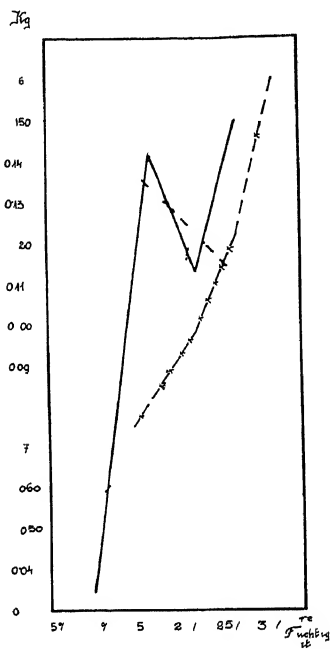


Abbildung 7
Tagesschwankung der
relativen Feuchtigkeit und
Wachstum der Kinder in
der Hohen Tatra

Frühlingstemperatur. Was die Schwankung (Abbildung Nr. 3) der Lufttemperatur anbelangt, so ist im Herbst am günstigsten die Schwankung von 9°C , im Winter und Frühling von 11°C , im Sommer von 13°C . Größere Werte der Tagesschwankung bedeuten einen ungünstigern klimatischen Einfluß durch Stimulation, geringere Schwankeungswerte gleichfalls einen ungünstigern Einfluß durch Temperierung.

Feuchtigkeit. a) Relative Feuchtigkeit (Abbildung Nr. 4). Je geringer die relative Feuchtigkeit, um so günstiger der klimatische

Einfluß auf die Wachstumsintensität Im Frühjahr tritt hier eine Ausnahme ein indem die niedrigsten Feuchtigkeitswerte ein Maximum für das Wachstum darstellen Im Frühling herrscht also ein negativer Feuchtigkeitseinfluß auf das Wachstum vor so daß hier bei größerer relativer Feuchtigkeit die Wachstumsintensität zunimmt b) Absolute Feuchtigkeit (Abbildung Nr 5) Je größer diese ist desto intensiver das Wachstum (mit Ausnahme des Frühlings) bis zum Betrag von 8—9 mm Hg Dampfdruck, der so mit als Schwulegrenze im Gebiet der Hohen Tatra aufgetaßt werden kann c) Sättigungsdefizit (Abbildung Nr 6) Je größer dasselbe, um so günstiger der Wachstumseinfluß bis zum Betrag von 2 mm, wo das Optimum liegt, von da an gegensinnige Wirkung d) Schwan

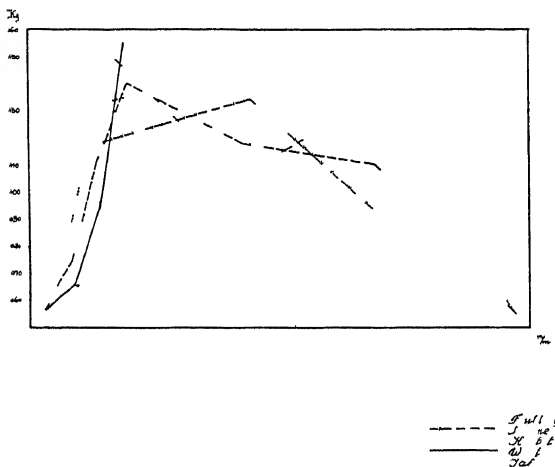


Abbildung 8
Verdunstung und Wachstum
der Kinder
in der Hohen Tatra

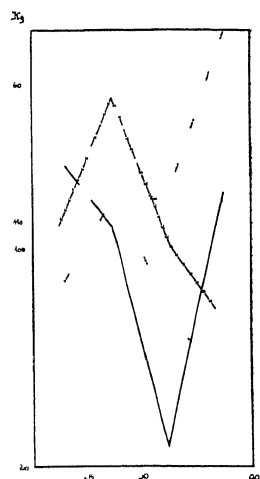
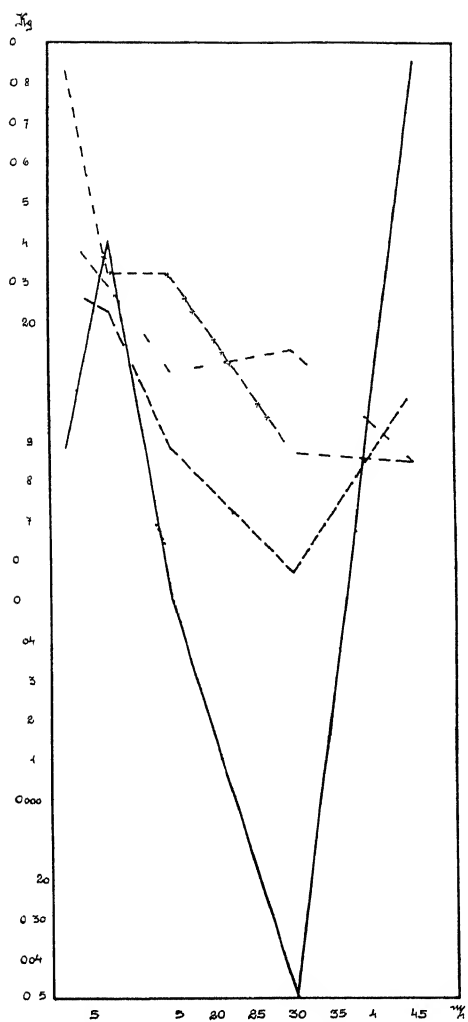


Abbildung 9
Bewölkung (Sonnen
schein) u Wachstum der
Kinder in der Hohen Tatra

kung der relativen Feuchtigkeit (Abbildung Nr 7) Je größer die Tagesschwankung, um so günstiger die Stimulationswirkung auf das Wachstum gegensinnige Ausnahme in der Frühlingszeit

Die Verdunstung³⁾ (Abbildung Nr 8) hat einen ganz ähnlichen Einfluß wie das Sättigungsdefizit je größer sie ist bis zu 3,5 mm Verdunstung pro Woche, um so größer die Wachstumsintensität Der angegebene Wert bildet ein Optimum, von dem aus die Wirkung umgekehrten negativen Charakter hat Bei weiterer Zunahme der Verdunstung sinkt nämlich die Wachstumsintensität

³⁾ Gemessen mit einem Wild Evaporimeter



----- Frühling
 Sommer
 ————— Herbst
 - . - . - Winter
 ----- Jahr

Abbildung 10

Niederschlag und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatia

Sonnenschein und Bewolkung (Abbildung Nr. 9) Am günstigsten ist der Betrag um 75 % der überhaupt möglichen wöchentlichen Sonnenscheindauer (ist gleich beilaufig 25 % Bewolkung) Dieser Betrag bildet ein Optimum, bei mehr Sonnenschein oder geringerer Be-

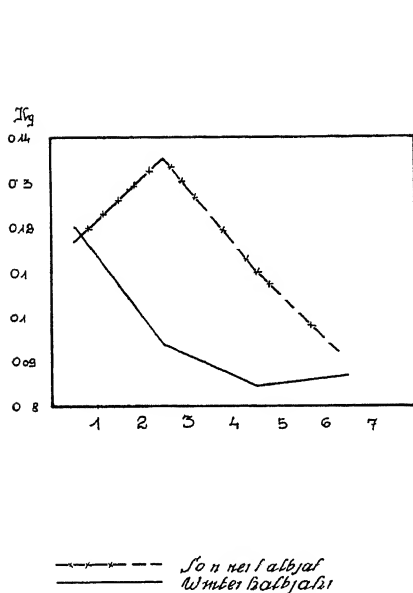


Abbildung 11

Regentage (Trockentage) und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

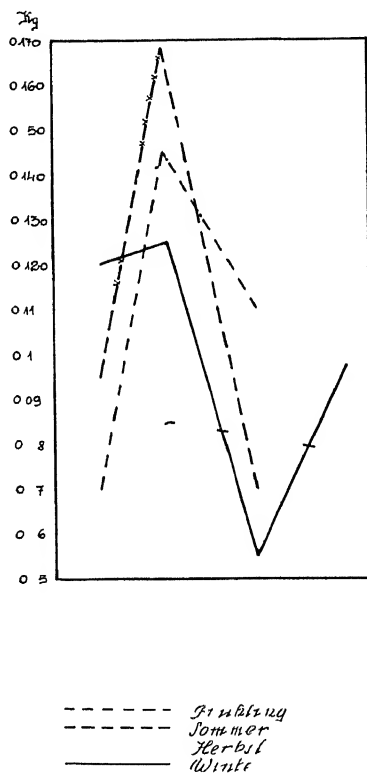


Abbildung 12

Nebeltage und Wachstum der Kinder in der Hohen Tatra

wolkung, ebenso bei weniger Sonnenschein (oder größerer Bewolkung) tritt eine ungünstige Wirkung auf das Wachstum der Kinder ein

Regen, Regentage, Nebeltage und Gewitter (Abbildungen 10, 11 12) Je größer die Zahl aller dieser Werte, um so intensiver der ungünstige klimatologische Einfluß auf das Wachstum Derselbe ist zu Anfang intensiv, bei weiter zunehmender Anzahl solcher Tage nimmt die ungünstige Wirkung dieser Elemente ab

Intensität der Luftströmungen Proportional mit zunehmender Windstärke wächst der ungünstige Einfluß auf das Wachstum (Abbildung Nr 13) Die teilweise Umkehr im Herbst und Winter dürfte mit der Wärmeführung der vorwiegenden Südwestwinde zusammen hangen

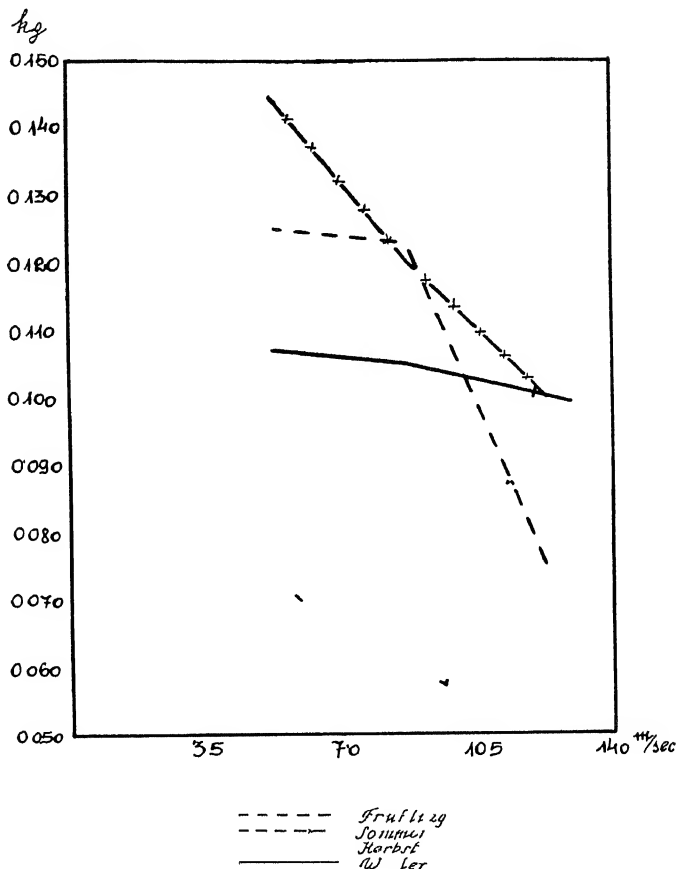


Abbildung 13
Intensität der Luftströmungen und Wachstum der Kinder
in der Hohen Tatra

Im Zusammenspiel aller atmosphärischen Elemente sind solche mit einem Optimum des Einflusses auf das Wachstum vorwiegend Elemente von einseitiger Wirkung treten zurück

Im ganzen harmonischen Zusammenwirken der Einflüsse der atmosphärischen Schwankungen überwiegt bei winterlichen Winden

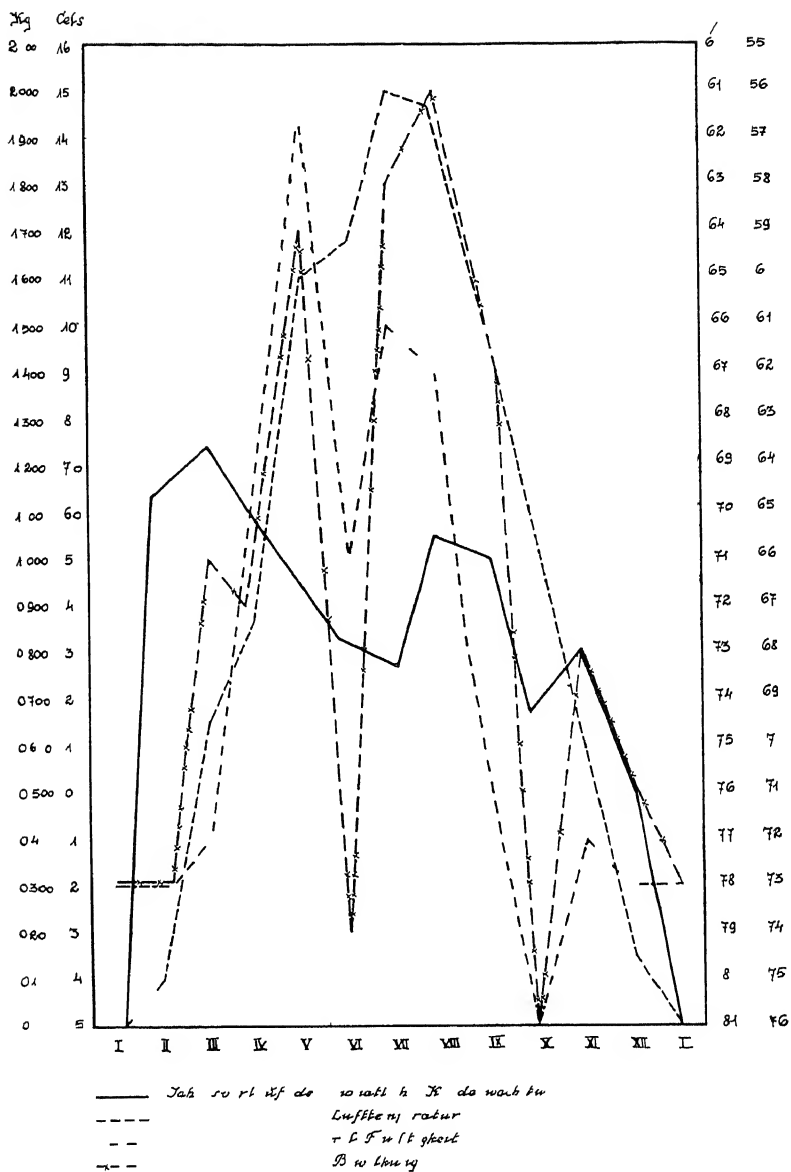


Abbildung 14
 Jahresverlauf des monatlichen Kinderwachstums in der Hohenlatia
 und Verlauf der atmosphärischen Elemente im Jahre 1922—1923

wellen ein günstiger umgekehrt bei winterlichen Kaltewellen ein ungünstiger Wachstumseinfluß. Im Sommer sind umgekehrt Warmewellen dem Wachstum ungünstig, Kaltewellen jedoch förderlich. Einen breiten Uebergang zwischen diesen Extremen bildet der Frühling, einen kurzen der Herbst.

In der Harmonie des klimatischen Jahresinflusses stimmt die Intensität des Wachstums in ihrem Jahresverlauf mit dem Verlauf der atmosphärischen Elemente überein (Positiver Zusammenhang zu Jahresbeginn im Winter und gegen Jahresende im Spätsommer und Herbst, Abbildungen Nr. 14, 15, 16). In der Zwischenzeit herrscht ein negativer Zusammenhang, der jedoch im Klima der Hohen Tatra (subalpiner Zone) nur von kurzer Dauer ist.

Ein Ueberwiegen der negativen Beziehung zum Wachstum tritt erst im Wachstumsverlauf der Zöglinge in Luze ein (300 m), welches das Klima eines niedrigen Hohenplateaus in der tschechoslowakischen Republik repräsentiert. Hier besteht nur im Winter und zu Ende des Herbstes eine positive Beziehung zum Verlauf der atmosphärischen Elemente. Die übrige Zeit, das ist der überwiegende Teil des Jahres, zeigt einen negativen Zusammenhang (Abbildung Nr. 16).

Im Hohenklima der Tatra sind nur die Monate Januar und Dezember für das Wachstum wenig günstig. Die stärkste Wachstumszunahme weisen die Monate Februar und März auf. Auch das Sommerhalbjahr bleibt im ganzen für das Wachstum günstig. In Luze sind im günstigsten der Spätherbst und Winter im allerungünstigsten der Vor sommer und Sommer.

Das absolute Ueberwiegen hervorragend günstiger Wachstumsinflüsse wiegt die hohen Kosten mit denen die Hohenkurianker Kinder verbunden ist in reichem Maße auf, wie der Vergleich zwischen der Tatra (Sproßinstitut) und Luze zeigt.

Als Wirkungen des klimatischen Milieus sind zu nennen:

a) Der lokale hydrologische Einfluß, der durch die Begünstigung von Schwüle im Frühjahr das Wachstum verzögert, wo sich der Einfluß der Moorluft in der das Institut provisorisch liegt am meisten äußert. Die Verlegung des Instituts auf einen durren porösen und trockenen Untergrund wird den günstigen lokalen klimatischen Einfluß auf das Wachstum noch verstärken.

b) Der geomorphologische Aufbau der Hohen Tatra schwächt die Intensität der nördlichen Luftströmung auf einen mäßig stimulativen Grad ab. Umgekehrt befördert die gegen Süden exponierte Lage in der Nähe eines sonnenbestrahlten Abhangs die günstige Wirkung der feuchten Süd- und Südwestwinde bei ozeanischen Wetterlagen. Die absteigenden Luftströme aus nördlichen Richtungen zeigen außer ihrer Abschwächung auch einen Feuchtigkeitsentzug durch die Gebirge und bringen infolge ihrer dynamischen Erwärmung eine angenehme Kühle bei reichlichem Sonnenschein und geringer Bewölkung. Das Vorkommen von Böen, die nur selten katastrophalen Charakter hat (Abbildung Nr. 17 zeigt die Plätze, wo sie am häufigsten

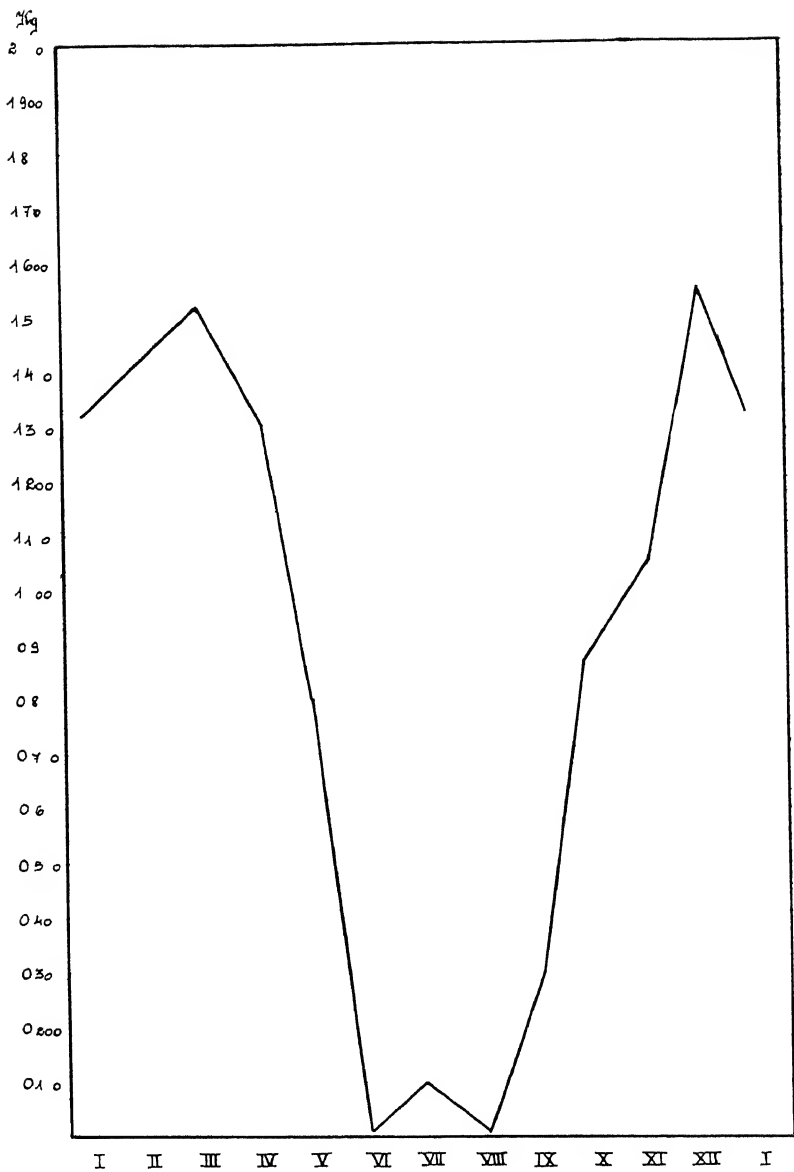
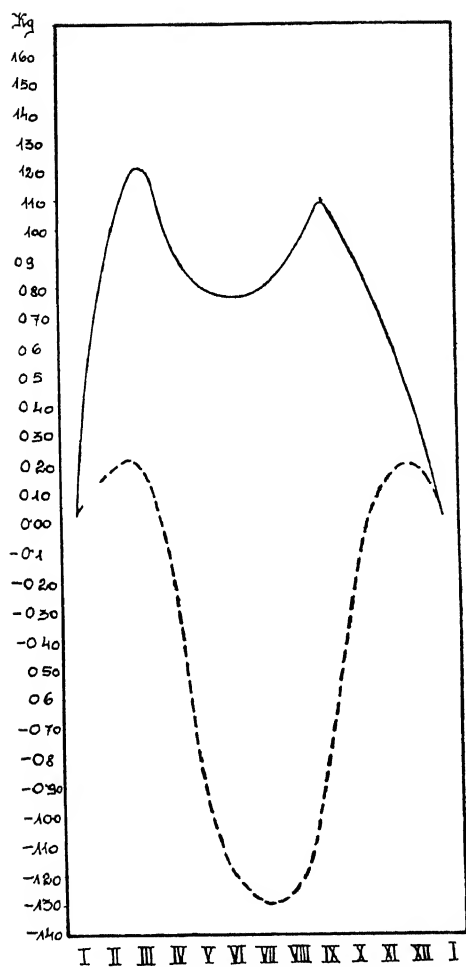


Abbildung 15
 Jahresverlauf des monatlichen Kinderwachstums in Luzern
 im Jahre 1922—1923



———— Dolní Smokovec
 - - - - - Luze

Abbildung 16
 Jahresverlauf der Intensität des Wachstums in Dolní Smokovec und Luze

und stärksten auftritt) an der Rückseite von Depressionen über den Ostkarpathen vermag bei weitem nicht die Vorzüge der Mildheit des Tatrahochklimas einzuschränken

c) Indirekter klimatischer Einfluß Eine nur geringe Anzahl von Regentagen im Sommer (ein bis zwei wöchentlich) von Schnee

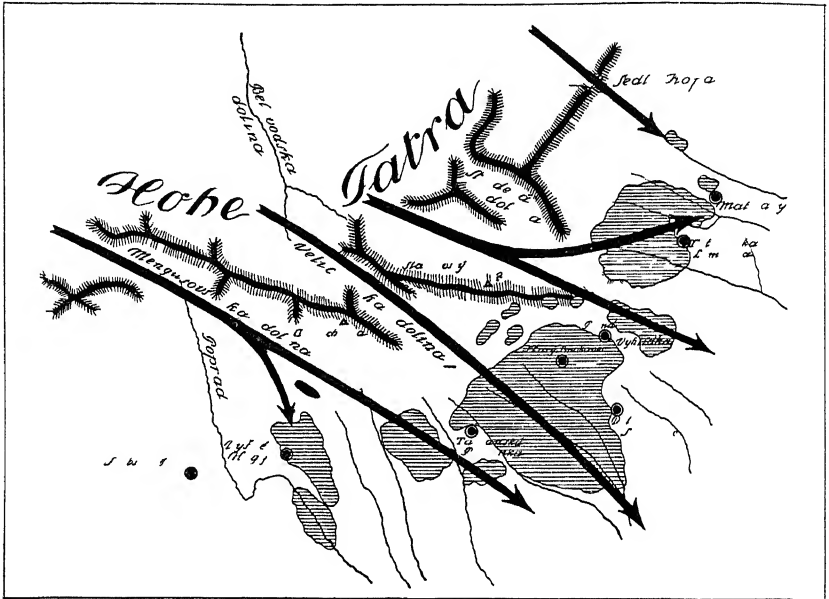


Abbildung 17

Boia in der Hohen Tatra Einbruchstore die Plätze im meisten frequen-
tiert (nach Devastationen am 18/XI und 1/V 1919)
(Pfeile = Einbruchstore schraffierte Plätze = Devastationen)

Nebel und Gewittertagen (gleichfalls ein bis zwei Tage wöchentlich) sind nicht nur für das Wachstum günstiger als Wochen mit einer großen Häufigkeit dieser atmosphärischen Erscheinungen sondern auch günstiger als Wochen in denen diese Erscheinungen überhaupt nicht vorkommen Hierbei kommt es offenbar zu einer Reinigung der Luft nicht nur von atmosphärischem Staub sondern auch von Mikroorganismen

Klima und Herzkrankheiten

Von Prof Dr *Michaud*

Daß das Klima als therapeutischer Faktor auch bei Erkrankungen des Herzens und des Kreislaufs in Betracht kommt, darüber besteht heute wohl kein Zweifel mehr. Ja, wir können sagen, daß wir in der Klimatherapie sogar ein sehr wichtiges Heilmittel so wohl für organische wie für funktionelle Erkrankungen des Herzens und der Gefäße besitzen. Wir können ferner sagen, daß die Klimatherapie der Zirkulationsorgane nicht mehr *nur* auf Empirie beruht. Allerdings nimmt die rein empirisch klinische Beurteilung der Klimawirkungen, zumal bei Kreislaufstörungen, noch den breitesten Raum in unserem ärztlichen Denken und Handeln ein. Und es soll auch so sein. Doch sind seit einer Reihe von Jahren eine schon stattliche Anzahl experimenteller Untersuchungen durchgeführt worden, so daß man wohl allmählich sich an den Versuch heranwagen darf, eine wissenschaftlich fundierte Klimatherapie der Herzkrankheiten auszuarbeiten.

Allerdings betreffen diese Untersuchungen speziell den gesunden Menschen. Wie viel von ihren Ergebnissen auch auf den kranken Menschen übertragbar sind, das können wir heute noch nicht genauer präzisieren. Die Physiologen werden einwenden, daß wir Kliniker in erster Linie daran die Schuld tragen. Das ist auch richtig. Doch können wir zwei Entschuldigungsgründe anführen. Erstens war überhaupt vorerst der gesunde Mensch unter dem Einfluß des Klimas zu untersuchen. Sodann ist es oft mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden, Kranke, speziell Herzkranke, lediglich zu Untersuchungszwecken in dieselben extremen klimatischen Bedingungen zu versetzen, wie gesunde Menschen. Die Zukunft wird sicherlich das Fehlende in geeigneter Weise nachholen.

Wenn also der Arzt die Ergebnisse der experimentell physiologischen Klimaforschung durchaus kennen soll, so wird er sich für die praktische Handhabung des Klimas als therapeutischen Faktors doch in erster Linie von seiner klinischen Erfahrung leiten lassen.

Gestatten Sie mir, Ihnen einiges von diesem letztern Standpunkt aus vorzutragen. Ich werde das rein Physiologische nur kurz streifen und nur soweit es für das klinische Verständnis unbedingt notwendig erscheint. Denn Berufenere wie ich haben bereits darüber referiert.

Ich habe auch im Sinne, das Hohenklima etwas ausführlicher zu berücksichtigen, da ich vermute, daß die meisten unter Ihnen hauptsächlich zum Studium des Hohenklimas nach Davos gekommen sind. Und da wir Schweizer Kliniker hier sozusagen an der Quelle sitzen, so können wir Ihnen vielleicht auch einiges sagen, worüber Sie weniger Erfahrung haben. Hingegen gebe ich sofort und gerne zu, daß ich persönlich über die Wirkung des Küsten- und Tropenklimas weniger Positives zu berichten habe, als vielleicht mancher unter Ihnen.

Als oberstes Gesetz jeder Therapie, und auch der Therapie der Kreislauforgane, gilt immer, wie es *F. A. Hoffmann* seinerzeit in seinem klassischen Buch ausgeführt hat, die Schonungstherapie und die Übungstherapie in jedem Einzelfalle richtig zu dosieren. Ganz besonders bei der Indikationsstellung der klimatischen Therapie wird dies berücksichtigt werden müssen, denn Klima kann beruhigen und Klima kann als Reiz wirken. Ferner müssen wir uns immer diese Frage: Schonung oder Übung, vorlegen, weil ja die Herzkrankheiten in ihrer Symptomatologie sehr oft zwar ähnlich, in ihrer Ätiologie und in ihrem Wesen sehr mannigfaltig sein können. Trotz sehr ähnlicher Symptome wird in einem Fall eher Schonung, im andern Fall eher Übung am Platze sein.

Die Indikationen der klimatischen Schonung und Übung können aber auch nur dann richtig erwogen werden, wenn man die Herzkrankheit im Zusammenhang mit allen andern Organfunktionen und -störungen betrachtet. Wie oft sind Herzerkrankungen nur ein sekundäres Symptom, das aber vom Patienten selber und vielleicht auch von einem oberflächlich untersuchenden Arzt als im Vordergrund stehend betrachtet wird. Sehr oft wird die Klimatherapie vernachlässigt und wird dem Patienten die wohlthuende Wirkung des Hohenklimas vorenthalten, lediglich weil die Herzsymptome unrichtig aufgefaßt werden. Es herrschen eben meines Erachtens noch zuviel veraltete und irrigte Ansichten bezüglich der Indikation klimatischer Behandlungen bei Herzaaffektionen, weil die Klimawirkungen auf das kranke Herz ungenügend bekannt sind. So glauben noch viele Aerzte, ein Herzkranker könne sich nur in der Tiefebene wohl fühlen, nur CO-Bäder vom Typus *Nauheim* könnten günstig wirken, und Hohenklima sei jedenfalls kontraindiziert. Nichts ist unrichtiger! Eine Hohenkur kann richtig durchgeführt, bei organischen Herzkranken, wie *Stachelin* ausgeführt hat, ebenso günstig wirken wie eine CO₂-Bader Kur.

Ich bin erstaunt, jeden Sommer eine große Anzahl ausländischer Patienten zu sehen, welche von mir wissen mochten, ob sie nicht doch ins Gebirge gehen konnten, trotz ihrer Arteriosklerose, trotz ihres Herzfehlers, und trotz des Rates ihres Hausarztes, eine Höhe von 500—600 m nicht zu übersteigen. Der Hausarzt ist im allgemeinen viel zu ängstlich. Ich bin es viel weniger geworden, seit ich mich überzeugen konnte, wie sehr oft das Gebirge einen günstigen Einfluß auf das kranke Zirkulationssystem ausüben kann. Es gibt eben Herz- kranke und Herz- kranke!

Welches sind nun in aller Kürze die hauptsächlichsten Wirkungen des Hohenklimas auf das Herz, mit denen der Kliniker zu rechnen hat? Ich spreche selbstverständlich nur von Hohen, die für Patienten in Betracht kommen, d. h. die zwischen 1400 und 2200 m gelegen sind, und die *Loewy* noch als mittlere Hohen bezeichnet.

Ich möchte aus heuristischen Gründen Klimawirkungen unterscheiden, die scheinbar direkt, und Wirkungen, die scheinbar mittelbar das Herz beeinflussen.

Wir wissen jetzt, daß in der Höhe, und zwar schon in der Ruhe, die Pulsfrequenz, der Blutdruck, die Atemfrequenz das Atemvolumen zunehmen und daß diese Zunahmen ganz besonders bei Muskularbeit zur Geltung kommen. In der Ruhe ist die Zirkulationsgeschwindigkeit des Blutes unverändert und das Minutenvolumen wird denn auch vermindert gefunden. Aber bei Muskeltätigkeit verändert sich das Minutenvolumen des Herzens gleichsinnig mit der Gesamtarbeit des Körpers und die Zirkulationsgeschwindigkeit wird gesteigert sein. Außerdem kann die Höhe auch zu wesentlichen Verschiebungen der Blutverteilung im Körper führen, wie Cyanose der Haut, Gefäßerweiterungen der Lungen mit Blutungen, Verarmung der inneren Organe an Blut, aber andererseits auch Verengerung der Hautgefäße. Auch diese Symptome sind bei Muskelanstrengung ausgeprägter¹⁾.

Dies alles sind die scheinbar direkt auf das Herz wirkenden Klimafaktoren. Das Maß all der erwähnten Modifikationen, sowohl wie der Moment, d. h. die Höhe, wo sie auftreten, ist individuell sehr verschieden. So gibt es z. B. Menschen, bei denen sogar in 3000 m Höhe noch keine Frequenzzunahme des Pulses stattfindet (dies sind allerdings kerngesunde Menschen und nicht Patienten!). Die Frequenzsteigerung nimmt gewöhnlich mit dem Alter zu. Ich kenne ältere, berggewohnte Herren, welche allmählich mit den Jahren sich ihrer Pulsfrequenz in den Bergen immer mehr bewußt werden. So z. B. ein Herr, der in der Tiefebene 50—60 Pulse hat, auch früher in Riffelalp kaum mehr als 60 Pulse aufwies, bei dem man aber jetzt im Laufe der Jahre in Riffelalp eine ständige Beschleunigung auf 90 findet.

¹⁾ Wenn sich auch gewisse Gefäßgebiete verengern, andere erweitern, so wissen wir dennoch nicht, ob und wie sich der Gesamtquerschnitt der Blutbahn ändert. Vor allem wissen wir auch nicht, wie sich die Coronargefäße dabei verhalten.

Loewy hat nun in einer kurzlich erschienenen Arbeit den interessanten Nachweis geleistet, daß Sauerstoffmangel ein sehr wichtiger ursachlicher Faktor all dieser Erscheinungen ist. Alle eben erwähnten Hohenwirkungen gehen bei kurz dauernder Sauerstoffatmung zurück.

Interessanterweise konnte *Loewy* zeigen — und das ist für uns Aerzte besonders beachtenswert —, daß Sauerstoffmangel auch in mittlern Höhen, d. h. schon bei 1500 m, zur Geltung kommen kann und nicht, wie früher angenommen wurde, nur in exzessiven Höhen. So finden also Klimawirkungen in unsern therapeutischen Höhen eine einfache Erklärung, während sie bisher schwer zu deuten waren.

Das relativ gute Herz wird solche Veränderungen rasch korrigieren und die Zirkulation und die Sauerstoffversorgung der inneren Organe wieder zur Norm zurückführen. Der Körper adaptiert sich also an die Höhe. Er tut es bald rasch, bald langsamer. Aber dies bedeutet für das Herz auch Mehrarbeit! Dabei soll angeblich das Herz hypertrophieren. Ich gestehe, daß ich dieser Herzhypertrophie noch skeptisch gegenüberstehe, und ich glaube, daß weitere Untersuchungen über das Verhalten des Herzens bei der Kompensation der erwähnten Klimawirkungen erwünscht sind.

Ist das Herz jedoch in seiner Reservekraft schon in erheblichem Maße geschädigt, so wird sich die Akklimatisation an die Höhe nicht mehr zeigen. Die Pulsfrequenzzunahme wird nicht nur nicht zurückgehen, sie wird noch erheblicher werden oder sogar zu Arrhythmien führen, wie ich mich selbst überzeugen konnte. Oder man sieht, daß Arbeit nicht ohne immer mehr zunehmende Lungenventilation aus geführt werden kann, u. a. m.

Für die ärztliche Beurteilung, ob ein Herzpatient im Hochgebirge verbleiben kann, wird also maßgebend sein, wie sich diese Adaptation verhält, d. h. wie rasch z. B. eine Pulsfrequenzzunahme nach Arbeit wieder zurückgeht oder ob sie dauernd bestehen bleibt usw. Aber andererseits soll man auch nicht zu ängstlich sein, denn es darf nicht vergessen werden, daß bei einer nicht normalen Herzkraft durch sehr vorsichtiges Trainieren sehr vieles erreicht werden kann.

Die Grenze der Luftdrucksenkung, bei der all' diese Erscheinungen des Sauerstoffmangels eintreten, ist, wie wir schon hervorgehoben haben, individuell sehr verschieden. Sie ist schon beim Gesunden sehr verschieden, noch mehr aber beim Herzkranken! Sie hängt ab vom Umfang des Sauerstoffverbrauches und von der Sauerstoffmenge, die den Geweben zur Verfügung gestellt wird.) *Loewy* hat nun, und darin muß ich ihm durchaus beipflichten, den *Sauerstoffmangel der einzelnen Gewebe* in den Vordergrund gestellt, während er danach strebt, den Begriff des *allgemeinen Sauerstoffmangels* zu beseitigen. Wissen wir doch seit der alten, jetzt vielfach zu sehr

) Diese letztere hinwiederum hängt ab von der Sauerstoffspannung in den Lungenalveolen, von der Hämoglobinmenge und von der Blutstromgeschwindigkeit.

vernachlässigten Arbeit *P Ehrlich's*, wie verschieden das Sauerstoffbedürfnis der einzelnen Organe tatsächlich ist. Es ist einleuchtend, daß in einzelnen Organen bereits Sauerstoffmangel herrschen kann, während ein allgemeiner Sauerstoffmangel noch lange nicht vorhanden ist. So wird also schon ein geringes Sauerstoffdefizit, wie es in mittleren Höhen besteht, auf sehr stark sauerstoffbedürftige Gewebe wie z. B. das Atemzentrum, das Vasomotorenzentrum, einen Einfluß haben und den Zirkulationsorganen eine vermehrte Arbeit aufladen. Denn, kommt es zu Sauerstoffmangel in einzelnen Organen oder Geweben, so treten nicht nur Vorgänge auf, die diesem Sauerstoffmangel entgegenwirken, wie Zunahme der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins, sondern auch Steigerung der Atmung und vielleicht auch Beschleunigung der Blutströmung. Die einzige Schwierigkeit in der *Loewy'schen* Auffassung sehe ich darin, daß bisher eine Sauerstoffabnahme im Blut nicht nachgewiesen ist.

Die Möglichkeit einer ungenügenden O-Versorgung der Organe führt uns naturgemäß zur Betrachtung der *indirect auf das Herz wirkenden Faktoren* des Höhenklimas. Da finden wir die Wirkung des Höhenklimas auf das Blut und die blutbildenden Organe, auf die Haut auf die Drüsen mit innerer Sekretion auf den Stoffwechsel. Ich will jetzt nicht näher darauf eingehen. Sie haben darüber vieles Interessante gehört, das ich nicht unnötigerweise wiederholen möchte. Doch muß ich einige Stoffwechseltagen kurz streifen, weil sie für das Verständnis des Verhaltens des Herzens in der Höhe wichtig sind.

Beim Übergang in die Höhe ist, wie Sie ja alle seit der bekannten Arbeit von *Jaquet* und *Stachelin* wissen, der Stoffwechsel anfangs gesteigert und diese Steigerung geht bei Gewöhnung allmählich zurück. Zahlreiche und mannigfache Reize treffen den Körper und regen die chemische Wärmeregulation an und lösen eine Zunahme der Verbrennungsprozesse aus. Solche Steigerungen des Stoffumsatzes sind eine gewöhnliche Ursache beschleunigten Blutumlaufs. Auch diese Steigerung ist individuell sehr verschieden. Man beobachtet sie schon beim Ruhgaswechsel, aber besonders natürlich bei Muskelarbeit nicht nur bei Bergaufmärschen sondern auch bei Horizontalspaziergängen. Hier sind schon die kleinsten Nuancen der Spaziergänge wenn ich mich so ausdrücken darf stoffwechselsteigernd.

Auch diese Stoffwechselsteigerung wird zur Zeit am ungezwungensten durch ungenügende Sauerstoffversorgung des arbeitenden Muskels erklärt.

Dabei findet wie *Jaquet* und *Stachelin* in den eben erwähnten Versuchen auf dem Chasseral gezeigt haben, anfänglich ein erhöhter Eiweißzerfall in der Folge dann eine N-Retention statt.

Der gesteigerte Eiweißzerfall führt zu Säurebildung und wir können sagen, daß eine Azidose im Hochgebirge jetzt wohl sicher angenommen werden muß. Gerade diese Acidose ist wichtig für die Atem- und Herzregulierung wie *Fleisch* in höchst interessanten Versuchen nachgewiesen hat. *Fleisch* war der erste, welcher die H-Konzentration der Durchströmungsflüssigkeiten mit denen der Gefäßerweiterungen und Verengungen erzielte berücksichtigte. Er fand denn auch, daß schon eine geringe Abnahme der alkalischen Reaktion des Blutes — eine saure Reaktion ist dazu gar nicht nötig — die Gefäße dilatiert. Und zwar sind es die in den Geweben selbst bei Arbeit entstehenden Säuren, welche diese alkalische Re-

aktion des Blutes vermindern und die Gefäßdilatation erzeugen. Je größer die von einem Organ geleistete Arbeit ist, umso mehr Säure wird gebildet und umso größer wird die Wasserstoffzahl in diesem Organ. Diese gesteigerte *H Zahl* verursacht nun die Erweiterung der zuführenden Gefäße. Die Intensität der Gefäßerweiterung ist Funktion der Größe der *H Zahl*. Die Blutzufuhr ist also umso größer, je mehr Säure gebildet wird. Kehrt das Organ zur Ruhe zurück, so sinkt seine Säurebildung und sobald alle überschüssige Säure aus dem Gewebe durch den verstärkten Blutstrom abtransportiert ist, sinkt auch die Blutzufuhr auf den Ruhewert. Dadurch daß die *H Zahl* das regulatorische Agens der peripheren Blutversorgung darstellt, ist eine genaue Anpassung der Blutzufuhr an den Blutbedarf garantiert.

Dies erklärt auch, warum unkompensierte Herzen sich im Hochgebirge schlecht befinden. Wie aus Arbeiten von *H. Straub* und *Rebentanz* hervorgeht, besteht bei allgemeiner Stauung an sich schon eine Acidose. Wenn sich also dazu noch eine Hochgebirgsacidose hinzugesellt, so erscheint es verständlich, daß das Herz unter ungünstigen Bedingungen zu arbeiten hat und daß die Zirkulation noch weiter leidet.

Außer der *H Zahl*, die wohl nur ein wichtiges regulatorisches Agens darstellt, kommen voraussichtlich noch andere regulatorische Faktoren in Betracht, so z. B. die N-haltigen Abbauprodukte in den Geweben.

Auch der Mineralstoffwechsel, das quantitative Verhalten der Ionen der Körperflüssigkeiten und Gewebe, kommt im Hohenklima in Betracht und sollte noch mehr untersucht werden, als es bisher geschehen ist. Zumal ja bekannt ist, wie gerade die verschiedenen Ionen für die Herztaetigkeit von besonderer Wichtigkeit sind.

Also, all dieser gesteigerte Eiweißabbau mit seiner abnormen Säurebildung und Ionenverschiebung besitzt für die Tätigkeit des Herzmuskels eine Bedeutung, die wir nicht unterschätzen dürfen, wenn wir über die Wirkung des Hohenklimas auf das Herz mitreden wollen.

Ebenso kann der bereits erwähnte, in der Folge des Hohenaufenthalts einsetzende Eiweiß- und Gewebsansatz für das Herz nur günstig sein. Denn wie *Jaquet* betont hat, er kommt nicht ausschließlich der Blutbildung zu Gute, sondern auch der Muskelbildung und vielleicht dem parallel auch der Myokardentwicklung.

Schließlich ist auch der Wasserwechsel zu erwähnen, soweit er in der Höhe modifiziert ist und auf die Herztaetigkeit rückwirkt. Ich will nur erwähnen, daß, ganz abgesehen von einer Anregung der Schweißdrüsentätigkeit und einer besseren Verdunstung bei sehr vielen Menschen während eines Aufenthaltes in den Bergen, sehr rasch eine Steigerung der Diurese einsetzt. Auch dies kann als Entlastung des Herzens, bei Herzkranken nur günstig wirken und eine Kur in den Bergen als erwünscht erscheinen.

Ich möchte dieses Exposé, das ich eigentlich nur aphoristisch behandeln konnte, nicht weiter ausdehnen.

Zusammengefaßt können wir sagen, daß das Hohenklima unbedingt auf das Herz wirken muß. Neben direkten Einflüssen auf den Puls, den Blutdruck, das Herzminutenvolumen, die Zirkulationsgeschwindigkeit, den Atemmechanismus, machen sich auch indirekte, mittelbare Wirkungen geltend und ich möchte die Vermutung aussprechen, daß gerade diese letzteren mittelbaren Einflüsse auf das Herz via Stoffwechsel therapeutisch wichtig sind.

Jedenfalls besitzen wir im Klima genügend Faktoren, die wir therapeutisch ausbeuten können. Gerade weil diese Faktoren alle individuell verschieden und quantitativ auch sehr verschieden wirken,

ferner weil sie bei den verschiedenen Menschen auch in ganz verschiedenen Höhen manifest werden, endlich auch weil sie bei Akklimatisierung zurückgehen oder sich stabilisieren — gerade deswegen haben wir es in der Hand, bei richtiger Auswahl und bei guter Kenntnis des Patienten, sie das eine Mal als Sedativum, das andere Mal als Reiz und Übungsmittel zur Anregung der Herztätigkeit oder zur Erleichterung der Herztätigkeit zu verwenden

Gehen wir nun zu einer kurzen Besprechung der Indikationen des Höhenklimas für die Herzkrankheiten über ³⁾

Ich möchte ganz allgemein als Richtlinie angeben, daß ins Hochgebirge keine Herzkranken mit Dekompensationserscheinungen gehen. Auch diejenigen Patienten, deren Reservekraft des Herzens gering ist, wo Medikamente notwendig sind, um gerade noch die richtige Blutverteilung im Körper zu erzielen — auch diese Patienten sollten lieber in tieferen Regionen bleiben

Aber alle andern Herzen, deren Reservekraft noch gut ist, und bei denen Aussicht vorhanden ist, daß dieselbe durch planmäßige Ausnutzung der Kur, durch Training, weiter gesteigert werden kann — diese Herzen sollen getrost ins Hochgebirge gehen. Für die ist meines Erachtens das Hochgebirge indiziert. Dabei ist es einerlei, woran der Patient leidet, ob ein Klippendefekt vorhanden ist, oder eine primäre Schwächung der Herzkraft durch Myokarditis oder arteriosklerotische Myodegeneratio oder eine Koordinationsstörung in der Reizentstehung und Reizleitung, oder eine Hypertonie. Nur muß allerdings noch eine Bedingung erfüllt werden: der Patient soll sich im Hochgebirge ruhig verhalten und jedenfalls an Muskularbeit nur das leisten, was ihm ein erfahrener Arzt gestattet. Wird letzteres berücksichtigt, verhält sich der Patient vernünftig, so ist meines Erachtens gegen einen Aufenthalt in der Höhe — und dies bis zu 2200 m — nichts einzuwenden ⁴⁾

Ich kann nur wiederholen, daß ich gut kompensierte Klappenfehler, die noch nicht zu exzessiven Dilatationen geführt haben, ruhig in die Höhe schicke und daß ich auch nie einen Nachteil gesehen habe

Das Gleiche gilt für beginnende Myokarditis. Hat die Myodegeneratio cordis aber erheblichere Grade erreicht und zu Pulsus irregularis perpetuus, zu Vorhofflimmern geführt, dann bin ich

³⁾ Bezüglich dieser Frage möchte ich auch auf die bekannten Arbeiten von *Staubli* (siehe Ergebnisse der innern Medizin Bd. 11) verweisen und auf das ausgezeichnete Referat von *v. Wyß* (Schweiz Med. Wschr. 1921)

⁴⁾ Auf die Prüfung der Reservekraft des Herzmuskels brauche ich wohl nicht einzugehen. Ich möchte nur kurz erwähnen, daß ich stets darauf achte, ob bei den Patienten subjektive Beschwerden wie Dyspnoe, Druck auf der Brust und in der Herzgegend usw. schon bei leichter Körperarbeit auftreten. Die früher nur bei ganz erheblicher Körperanstrengung sich geltend machten. Dann bitte ich den Patienten genau zu beobachten, ob diese subjektiven Beschwerden in den Bergen schon nach kleinen Spaziergängen auf horizontalen Wegen auftreten. In solchem Falle mahne ich zur Vorsicht

vorsichtiger Allerdings können solche Patienten oft noch während langen Jahren physische Arbeit sehr gut verrichten — jeder von uns kennt solche Fälle, sie können also auch einen Hohenaufenthalt vertragen und er wird ihnen bei richtigem Verhalten auch gut tun Aber Vorsicht ist geboten Ebenfalls zurückhaltend bin ich, wenn die Arteriosklerose mit vorgeschrittener Nephrosklerose verbunden ist Wenn Augenhintergrundsblutungen, erhöhter Harnstoffgehalt im Blut, schlechte Wasserausscheidung und stark erhöhter Blutdruck festgestellt sind, dann ist von Aufhalten in der Höhe direkt abzuraten Eine vorherige genaue Nierenfunktionsprüfung ist also in solchen Fällen durchaus notwendig Ich brauche wohl kaum zu betonen daß beginnende Herzsymptome bei Lebercirrhose unter keinen Umständen ins Hochgebirge gehören! Auch luetiche Herz- und Aortenaffektionen mit Angina pectoris Symptomen schicke ich nicht ins Hochgebirge Da konnte man leicht unangenehme Ueberassungen erleben

Extrasystolen, wenn sie nervöser Natur sind — und das sind sie ja meist, wenn keine andern organischen Symptome daneben hervortreten — können bei einem Hohenaufenthalt verschwinden und der Patient von seinen subjektiven Beschwerden befreit werden Der nervöse Patient darf nur nicht im Gebirge erregter werden, als er schon vorher im Tale war Ueberleitungsstörungen, besonders motorische, bilden auch keine Kontraindikation

Endlich die paroxysmalen Tachykardien Sie jagen dem Patienten und dem Arzt immer eine besondere Angst ein Jedoch kenne ich Patienten, die nur in der Tiefebene ihre tachykardischen Anfälle hatten, aber nie in den Bergen, z B auf Riffelalp, und die auch Bergbesteigungen bis 3500 m ohne Beschwerden — abgesehen von momentanem Herzklopfen — ausführen konnten Ich habe auch paroxysmale Tachykardien erlebt, die sich nach Hohenaufhalten längere Zeit wesentlich wohler fühlten, und bei denen erst im darauffolgenden Winter wieder Anfälle auftraten

Allerdings weiß ich, daß solche Erfahrungen nicht verallgemeinert werden dürfen Wo mit Wahrscheinlichkeit doch eine muskulare Schwäche besteht, bin ich vorsichtig und rate von Hohenkuren ab Aber nervöse, auch postinfektiöse, resp postgrippöse Tachykardien habe ich ohne Nachteil in die Berge geschickt

Auch bei Basedowtachykardien und Arrhythmien habe ich gute Erfolge von längern und wiederholten Bergaufhalten gesehen Dies ist übrigens längst bekannt

Ferner eignen sich für Hohenotherapie auch all' die konstitutionell schwachen Herzen Gelingt es, die allgemeine Konstitution zu bessern — und das geschieht besonders gut im Hochgebirge, so bessert sich auch die Herzkraft solcher jungen Leute

Schließlich kann auch das Hochgebirge, wie *Staubli v Wyß* u a hervorgehoben haben, indiziert sein bei Herzsymptomen, die

regelmäßig durch rezidivierende Infektionen (Anginen, Grippe, Rheumatismus usw.) bedingt sind

Haben wir nun einen Maßstab dafür, wie bedeutend die *Nachwirkung* ist? Darüber kann ich Ihnen keine bestimmte Antwort geben. Wir können das Maß der Besserung nicht quantitativ ausdrücken und können nur nach klinischen Eindrücken schließen. Jedenfalls sagt das Verhalten des Blutdruckes — besonders wie er jetzt im allgemeinen gemessen wird — über die Leistungsfähigkeit nichts aus. Wir können nur klinisch feststellen, ob der Kreislauf normalisiert worden ist.

Auf die Frage, bis in welches Alter Herzpatienten das Gebirge aufsuchen können, kann ich Ihnen ebenfalls nicht bestimmte Richtlinien geben. Man wird sich in jedem Einzelfall durch die genaue Untersuchung des Patienten leiten lassen. Doch kenne ich alte Herren bis und über 80 Jahre, welche trotz ihrer Arteriosklerose und ihrer obligaten Hypertonie sich im Engadin und sogar in Riffelalp durchaus wohl fühlten.

Was die *Dauer* der einzelnen Kuren betrifft, so möchte ich vor zu kurzen warnen. Den günstigen Effekt sieht man erst bei mehr wöchentlicher Dauer. Kurze Kuren können direkt schaden, so z. B. bei Sklerosen mit Hypertonien.

Auf einen praktischen Punkt möchte ich noch Ihre Aufmerksamkeit lenken, der mir für das Gelingen einer herztherapeutischen Kur im Hochgebirge von Wichtigkeit zu sein scheint, und der bisher vielleicht zu sehr vernachlässigt wurde: die *Diatetik* sollte in den Bergen mehr berücksichtigt werden. So wie wir in der Ebene keinen Herzkranken mit Erfolg behandeln können, wenn wir nicht seine Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme genau bestimmen, so sollte dies auf die gleiche Weise auch in den Bergen geschehen. So empfehle ich, jedem Herzkranken, der in die Berge geht, genaue Vorschriften zu geben und jedenfalls folgende Punkte zu berücksichtigen:

- 1 Die Flüssigkeitszufuhr muß geregelt sein
- 2 Die Diät soll nicht zu salzreich sein
- 3 Man vermeide zu reichliche und nukleinreiche Nahrung, in Anbetracht der Azidose, die in der Höhe auftritt
- 4 Man vernachlässige nicht die Kohlenhydrate, wegen der Wichtigkeit, die die Glykose für den arbeitenden Herzmuskel besitzt

Nun gibt es aber auch Herzpatienten, welche aus Berufsgründen im Gebirge leben müssen. Diese sind genau nach denselben Prinzipien zu behandeln wie in der Tiefebene. Doch würde ich sehr empfehlen, solchen in organischen Herzaaffektionen Leidenden den Rat zu geben, besonders wenn die ersten Dekompensationserscheinungen auftreten, eine Kur in der Tiefebene oder im Süden zu machen. Ich habe da schon sehr schöne Erfolge gesehen, z. B. bei Arteriosklerosen, chronischen Nierensklerosen mit vorgeschrittener Myokarditis und Lebererscheinungen. Nach solchen Kuren vertragen dann die Patienten

die Rückkehr in die Berge auffallend gut. Vielleicht hängt der Erfolg mit dem Klimawechsel zusammen, vielleicht ruht er aber doch davon her, daß der Patient während einer solchen Kur sich die richtige Disziplin angeeignet hatte.

Ganz allgemein, abgesehen von solchen Fällen, muß ich *van Oordt* völlig beipflichten, wenn er sagt, daß Hohenbewohner sich nur selten im Klima der Ebene wohler fühlen. Dies gilt auch für leicht herzkranken Hohenbewohner. Viel Positives wissen wir aber darüber noch nicht. Ich gebe Ihnen auch nur persönliche Eindrücke.

Es ist also recht verdienstvoll, wenn *Loewy* die Bearbeitung der Anthropologie des Hohenbewohners in Angriff nehmen will.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich auch, welchen Patienten wir anraten sollen, nicht ins Hochgebirge zu gehen, sondern sich im mit tel hohen Gebirge oder in einem Kurort der Tiefebene zu pflegen. Immer dann, wenn wir die Erfahrung gemacht haben, oder wenn wir Anhaltspunkte dafür besitzen, daß der Hohenaufenthalt einen zu erheblichen Reiz darstellt, dem das Herz infolge der Verminderung der Herzkraft nicht gewachsen ist, wenn eine Zunahme der Reservekraft durch Training nicht zu erreichen war oder voraussichtlich zu erreichen sein wird. Für solche Patienten sind die geschützten Kurorte der Ebene und die thermischen Klimastationen am besten geeignet. Da kommt die Schonung auch richtig zur Geltung, nicht nur für das Herz, sondern auch für die Atmungsorgane, das Nervensystem, die innersekretorischen Drüsen usw., was indirekt auch dem Herzen zugute kommt. Wir werden also in solche Kurorte des Mittelgebirges oder der Tiefebene senden: vorgeschrittene Arteriosklerosen, Gehirnsklerosen, Nierensklerosen mit Neigung zu Apoplexien, leicht dekompensierte Herzfehler, auch Herzneurastheniker, die wirklich das Hohenklima nicht vertragen (obgleich letztere Fälle mir doch selten begegnet sind). Also, je ausgeprägter die Kreislaufstörung ist und je erregbarer das Nervensystem, desto mehr werden wir Kurorte der Ebene anraten, wo die Anstrengungen geringere Wirkungen auf den Kreislauf ausüben.

Ein weiterer Vorzug solcher tieferen Kurorte ist der, daß die Lebensweise der Herzkranken besser beaufsichtigt werden kann als in der Höhe, und daß auch Einrichtungen für spezielle Herztherapie, wie CO₂-Bäder, Lichtbäder, Massage usw. zur Verfügung stehen, was man in den Berghöhen nicht erwarten darf. Also auch dieses rein praktische Moment kann bei der Entscheidung ob Höhe oder Mittelgebirge oder Tiefebene angezeigt ist, begleitend sein.

Ueber das *Seeklima* will ich mich nur ganz kurz aussprechen. Auch hier gilt es selbstverständlich die Frage zu stellen: Schonung oder Übung? Denn es gibt bekanntlich sedativ wirkende Seeküsten, die bis zur „Strandkorblethargie“ führen können, und erregende Seeküsten.

Im allgemeinen kann man sagen, daß organische Herzkranken und Arteriosklerotiker, sowie auch rein funktionelle Symptome dar-

bietende Menschen, sich an der See sehr wohl fühlen können. Es gilt nur, die richtige Auswahl zu treffen. Man wird wohl in erster Linie mittelfeuchtwarmer und windgeschützte Küsten berücksichtigen während trockene und von kalten Landwinden bestrichene Küsten ungeeignet sind. Jedenfalls sind schlecht kompensierte Herzfehler und vorgeschrittene Arteriosklerosen davor zu warnen.

Feuchte Seeluft erweitert eben die peripheren Gefäße und entlastet das Herz, trockene Luft bewirkt das Gegenteil. Auch das Verhalten des Windes ist sehr zu berücksichtigen. Denn kalte, trockene Winde verengen die peripheren Gefäße, steigern den Blutdruck, lösen eine tiefere Atmung aus und Abnahme der alveolaren CO_2 -Spannung. Südliche, feuchte Schirokkowinde lassen eine derartige Wirkung vermissen. Hört der Reiz der kalten Winde auf, so kommt es zu starker peripherer Gefäßerweiterung. Ein solcher Wechsel in der Gefäßweite, das ist klar, kann den Kreislauf üben, er kann aber auch das Herz belasten. Es kommt eben wieder auf den Zustand des Herzmuskels selber an — und auf eine richtige Diagnose von seiten des Arztes.

Auf weitere klimatische Faktoren der See, wie Lichtstrahlung und andere Strahlungen usw. will ich nicht weiter eingehen. Die angegebenen wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß es einer genauen Kenntnis der zahllosen Seekurorte bedarf, um den richtigen, für jeden einzelnen Patienten gerade geeigneten auszuwählen. Ich kann Sie nur auf die ausführliche Darstellung des Gegenstandes durch *Glar* im Handbuch der Balneologie verweisen. Sie werden sehen, welche Fülle von Einzeltatsachen da niedergelegt sind, die alle ihren bestimmten Wert besitzen und vom Kenner der Seeklimatherapie auch berücksichtigt werden, und dann werden Sie auch verstehen, weshalb ich bei der Kürze der mir hier zur Verfügung stehenden Zeit dieses Gebiet nicht ausführlicher besprechen kann. Auch auf die Indikation, die Zahl und Dauer der Seebäder, das Verhalten des Patienten nach dem Bad, will ich hier absichtlich nicht näher eingehen.

Der Aufenthalt an der See hat übrigens noch einen entscheidenden Vorzug, der darin besteht, daß meist gleichzeitig eine Terrunkur mit der Seekur verbunden werden kann, was nie zu unterschätzen ist, weil es oft viel leichter durchzuführen ist als im Hochgebirge.

Schließlich spielt, wie im Hochgebirge, auch an der See der Faktor Psyche eine wichtige Rolle. Der ganze Heileffekt einer Kur kann davon abhängen, wie Ihnen schon mehrfach in diesen Vorträgen auseinandergesetzt worden ist. Deshalb ist auch sehr viel Umsicht geboten, wenn es sich darum handelt zu entscheiden, ob Herzneurotiker an die See oder ins Hochgebirge geschickt werden sollen.

Noch ein Wort über das *Wustenklima*. Im allgemeinen wird gesagt, daß in der Wüste der Blutdruck sinkt. Das mag ja im allgemeinen richtig sein, wissen wir doch aus Versuchen, daß die trockene Wärme von Blutdrucksenkung, mit den üblichen Instrumenten gemessen, begleitet ist. Doch daraus eine Indikation zu Kuren in der

Wüste bei arteriosklerotischen oder renalen Hypertonien ableiten zu wollen, ist zum mindesten naiv. Dies kann nur jemand, der die sehr komplexe Sachlage nicht weiter überlegt hat.

Durch Senkung des Blutdrucks wird eine Vasodilatation der peripheren Gefäße bewirkt und die ganze Blutverteilung erheblich verändert. Wegen der vermehrten Wasserverdunstung und Schweißbildung, wegen der vielfach modifizierten osmotischen Vorgänge im Körper, wegen all' der erheblich gesteigerten Thermoregulation zur Verhütung einer Hyperthermie des Gesamtorganismus, wegen all' dieser und wohl noch anderer Vorgänge, die ich nicht alle anführen kann, wird die Leistungsfähigkeit des Herzens in sehr erhöhtem Maße in Anspruch genommen. Die Herzarbeit wächst. Aber ein durch Krankheit geschwächtes Herz vermag das nicht immer zu überwinden. Das Wustenklima stellt das Gegenteil einer Schonung dar! Ich habe am eigenen Leibe erfahren, was unvorsichtige physische Ueberanstrengung bei längerem Verweilen in der Saharawüste für unangenehme Herzerscheinungen auslösen kann.

Für das Wustenklima stellt meines Erachtens ein arteriosklerotisches, myokarditisches Herz mit erheblicher Hypertonie eine strenge Kontraindikation dar.

Auch für die renale Hypertonie mit Herzhypertrophie und dilatation ist Ägypten ungeeignet. Dies um so mehr, als in den Wustenklimaten auch keine Einrichtungen bestehen, um Herz- und Nierenkranke mit Hypertonie diätetisch richtig zu behandeln. Es liegt übrigens bisher kein einziger positiver Beweis vor, und ich kenne auch keine einzige richtig geführte Krankengeschichte, die es bewiesen würde, daß arteriosklerotische und renale Hypertonien in Ägypten gebessert, in unsern Klimaten aber erfolglos behandelt worden waren. Gottlob ist die Reise nach der Wüste und der Aufenthalt in Ägypten seit einigen Jahren derartig kostspielig geworden, daß es schwer fällt, sich längere Zeit dort aufzuhalten. Sonst würde wohl noch mehr Unfug mit Winterkuren in der Wüste bei Herz- und Nierenkranken getrieben werden als es schon geschieht, und das allein hat vielleicht schon manchen Patienten relativ gerettet.

Ich bin am Schlusse angelangt. Wie ich Ihnen einleitend sagte, habe ich mich bestrebt, Ihnen vor allem von meiner klinischen Erfahrung, die von klinischen Beobachtungen zu berichten. Es wäre selbstverständlich noch manches experimentell festgestellte zur Stütze des Gesagten nachzuholen, und mein Vortrag ist in dieser Beziehung unvollständig geblieben. Ich bin mir dessen wohl bewußt. Doch bin ich überzeugt, daß kritisch verwertete klinische Beobachtungen zumal im Gebiete der Klimatologie auch jetzt noch in unserer so sehr laboratoriumsfreundigen und experimentell pathologisch arbeitenden Zeit nicht unterschätzt werden dürfen. Ich fürchte nur, Ihnen vielleicht zuviel Allbekanntes gesagt zu haben!

Hohenklīma und Gefäßtonus

Von Dr *Hediger* St Moritz

Ich mochte einige Kurventypen demonstrieren welche physiologische Wirkungen am Gefäßsystem zeigen sollen, die auf charakteristische Unterschiede der atmosphärischen Bedingungen im Tiefland und im Hochgebirge zurückzuführen sind

Aus den Untersuchungen *Loewy's* hat sich ergeben, daß die funktionellen Änderungen, die wir im Hohenklīma wahrnehmen, in prädominierender Weise dem O₂-Mangel zuzuschreiben sind Die andern Faktoren stehen mehr indirekt mit der Hohenlage, bezw der Luftverdunnung in Beziehung und können, je nach der Lage eines Ortes, wechseln Am besten ist wohl die Wirkung der Strahlung bekannt geworden, wobei uns Aerzte bis jetzt hauptsächlich die sogen Ultraviolettstrahlung interessiert hat Erst in neuerer Zeit ist die Warmestrahlung im Gebirge Gegenstand exakter Forschung geworden und durch die Arbeiten *Dorno's* und *Loewy's* sind unsere Vorstellungen durch den Begriff der Abkühlungsgröße näher präzisiert worden

Es ist begreiflich, daß sich der Kliniker in den durch die Messungen ermittelten Zahlen nicht so leicht zurecht findet Ihn interessiert hauptsächlich die Frage nach dem therapeutischen Wert dieser Zahlen Er kennt aus Erfahrung die Allgemeinwirkung des Hohen Aufenthaltes, die von *Erb* als eine außerordentlich anregende und erfrischende bezeichnet wurde Wir kennen auch den Unterschied des subjektiven Befindens und konstatieren beispielsweise, daß man im Hohenklīma auch in der hellen Sonne nicht schwitzt, während man in der Tiefe durch die Schwüle belastigt wird, mit andern Worten, daß die Temperaturregulierung sich im Hochgebirge angenehmer vollzieht Können wir die hier in Betracht kommenden thermisch reflektorischen Vorgänge, die sich auf der Haut abspielen, am Zirkulationsapparat objektiv feststellen und Änderungen erkennen, die mit den Unterschieden des subjektiven Befindens in Uebereinstimmung stehen? Das ist die Frage, die ich auf experimentellem Wege zu lösen versuchte

Bekanntlich sind an der Zirkulation im Hochgebirge gegenüber dem Tiefland mit Ausnahme der Pulsfrequenz keine deutlichen Unterschiede gefunden worden. Auch die Form des Pulses wurde bei Ausschluß der Wärmefaktoren des Klimas unverändert gefunden. Der Sauerstoffmangel hat hier also wenig oder gar keinen Einfluß, zum mindesten nicht in Hohen, welche für die Klimatherapie in Frage kommen. Ich ging nun aber darauf aus, gerade die Wirkung derjenigen Klimafaktoren zu studieren, welche das Engadiner Hochtal besonders auszeichnen: intensive Strahlung bei vorwiegend trockener und bewegter Luft.

Ich habe mich zu meinen Untersuchungen eines Apparates bedient, den ich früher (Schweiz. med. Wochenschrift 1922 Nr. 43) beschrieben habe und der gestattet gewisse dynamische Vorgänge am Zirkulationssystem mit großer Empfindlichkeit zur Darstellung zu bringen. Es handelt sich um einen Volumenschreiber besonderer Konstruktion zur graphischen Wiedergabe der pulsatorischen Kaliberschwankungen der Gefäße. Man muß um *Vasomotorenwirkungen* an den erhaltenen Kurven sichtbar zu machen unter optimalen Bedingungen operieren, d. h. an den möglichst entspannten Arterien. Da nämlich der hydrostatische Blutdruck in den Gefäßen einen reflektorischen Tonus auslöst, der kleinere Spannungsänderungen nicht zur Auswirkung kommen lassen würde, so muß bei Pulsaufnahmen am Unterarm dieser in erhobener Haltung fixiert werden. Ein ähnliches Prinzip liegt auch meinem Apparat zugrunde. Ich verwende keine Membran, die bei der pulsatorischen Spannungszunahme unempfindlich wird, sondern einen Schwimmer, der bei jedem Innendruck im Übertragungssystem aus der Nulllage schwingen kann.

Da ich bemüht war, Reflexvorgänge zur Darstellung zu bringen, die sich auf der Haut abspielen und darauf bedacht sein mußte, die voraussichtlich geringfügigen Änderungen der Pulscurve durch Verstärkung des Reizes in vergrößertem Maßstabe sichtbar werden zu lassen, so setzte ich die ganze Hautoberfläche der Versuchspersonen den klimatischen Faktoren aus. Das heißt ich untersuchte die Wirkung der Sonnenbäder in der feuchten Luft des Tieflandes und in der exquisit trockenen Luft, die an schönen Sommertagen das Engadin auszeichnen.

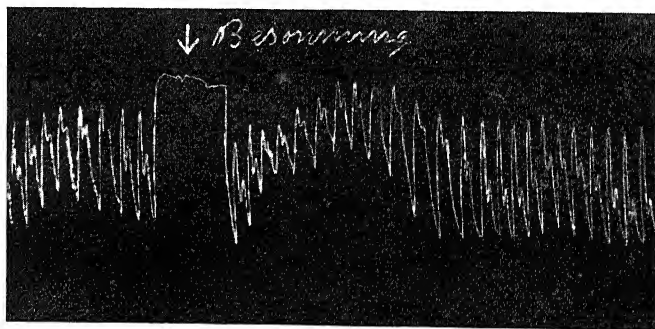


Fig 1
S W Reaktion der ersten Bestrahlung

Demonstrationen Das erste Bild zeigt die Wirkung der erstmaligen Bestrahlung bei einem 24-jährigen gesunden Mann An der Kurve ist ein vorübergehender, aber prägnant markierter Anstieg des Blutdruckes (am Hoherrücken der Ausschläge) zu erkennen, welche

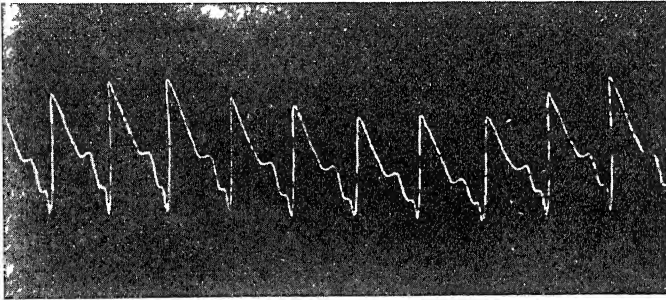


Fig 2

M H Vor dem Sonnenbad Blutdruck 125 mm Puls 76

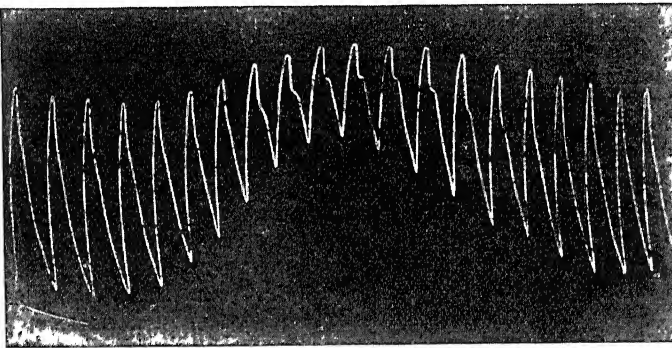


Fig 3

M H Nach 20 Besonnung in feuchter Luft Blutdruck 112 mm
Puls 88 (Vergrößerung des Pulsvolumens Verschwinden der
sekundären Elevationen, S Mayer'sche Wellen)

der gewöhnlichen Blutdruckmessung entgehen wurde Die folgenden Kurven demonstrieren die starke Gefäßerweiterung und Erschlaffung nach 20 Minuten dauernder Besonnung in feuchter Luft Gleichzeitig sinkt dabei der Blutdruck von 125 auf 112 mm Die am Kurvenbild auftretenden rhythmischen Schwankungen des Blutdrucks deuten auf die durch die Besonnung stattgehabte Erregung des Vasomotorenzentrums Dagegen weist die an einer andern Versuchsperson an einem trockenen Tage in St Moritz aufgenommene Kurve nach

15 Minuten Besonnung keine Merkmale einer Gefäßveränderung auf und auch der Blutdruck blieb während des Sonnenbades konstant. Dafür zeichnen sich sehr deutlich die rhythmischen Blutdruckschwankungen als sogen *S Mayer'sche* Wellen ab. Die Bestrahlungsversuche

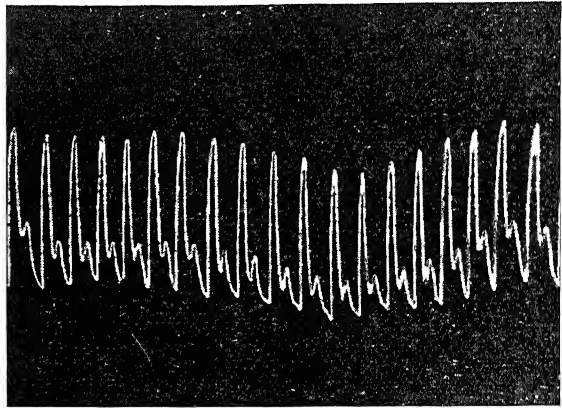


Fig 4

S W Vor der Besonnung Blutdruck 105 Puls 82

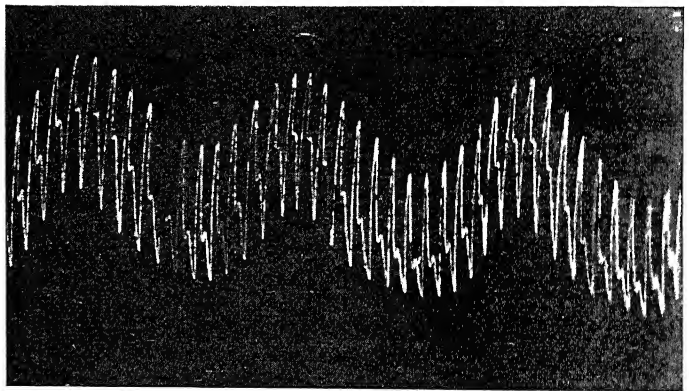


Fig 5

S W Nach 15 Besonnung in trockener Luft Blutdruck 105 Puls 86

wurden, um die Abstrahlung des beschatteten Korperteiles zu ermöglichen, in sitzender Stellung vorgenommen, der Kopf war bedeckt, die Augen durch Dunkelbrille geschützt. Während bei den Versuchen in feuchter Luft (Tiefenlandklima) eine mehr oder minder starke Schweißbildung eintrat, fehlte diese bei der Besonnung im Höhenklima meist gänzlich.

Das letzte Bild demonstriert die Gefäßwirkung eines ziemlich kräftigen, kühlen Windes (16°) bei leichter Bekleidung. Es kommt zu einer Konstriktion infolge der eintretenden Abkühlung.

Die Versuche zeigen die Wirkungen stark differenzierter meteorologischer Faktoren hauptsächlich am nackten Körper. Eine Uebertragung auf den bekleideten Zustand ist nicht ohne weiteres statthaft. Immerhin können wir daraus schließen, in welchem Sinne diese Faktoren das Gefäßsystem beeinflussen. Der Dampfgehalt der Atmosphäre im Tiefland bildet einen schützenden Mantel, der die einstrahlende Wärme zurückbehält und es zu einer Wärmerestauung mit ihren Folgen kommen läßt. Gefäßerschaffung, Blutdruckerniedrigung,

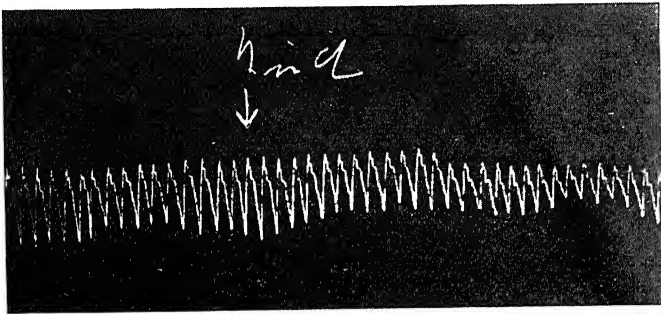


Fig 6

Selbstversuch Reaktion kalten Windes bei leichter Bekleidung
(Abnahme des Pulsvolumens)

Temperaturregulierung durch Schweißproduktion. Im trockenen Höhenklima fehlt dieser wie ein Treibhaus wirkende Wärmeschutz. Die freie Abstrahlung ist an offenen Orten (nicht in der Kabine) unter Umständen stark genug, um den Effekt der Erwärmung durch die Einstrahlung aufzuheben. Bei bewegter Luft, die beispielsweise im Hochtal des Obereengadins an schönen Tagen als normale Erscheinung zu gelten hat, kann der dadurch hervorgerufene Verlust an Kalorien die Warmbilanz im negativen Sinne beeinflussen.

Die erwähnten Versuche scheinen mir darzutun, daß die Bezeichnung der erregenden und tonisierenden Wirkung des Hochgebirges, was das Obereengadin anbelangt, an den Gefäßnerven in objektiver Weise begründet werden kann. Wir haben in therapeutischer Hinsicht diese Wirkungen zu berücksichtigen durch Maßnahmen, welche zu ihrer Dosierung geeignet sind. In St. Moritz stehen uns als solche Maßnahmen die natürlichen Kohlensäurebäder zur Verfügung, welche infolge ihres regulierbaren Einflusses auf das Zirkulationssystem uns die Möglichkeit bieten, die Klimakur im schonenden und übenden Sinne zu unterstützen.

Nierenkrankheiten und Klima

Von Prof W Löffler Zurich

Klimatische Faktoren spielen in Aetiologie und Therapie der Nierenkrankheiten eine wohl untergeordnete, aber nicht zu vernachlässigende Rolle. Die gebildeten chronisch Nierenkranken wissen, die halbgebildeten wissen es besser, daß Aegypten von gutem Einfluß auf ihr Leiden sein kann. Mit und ohne Einwilligung des Arztes reisen sie nach Aegypten. Einzelnen bringt der Aufenthalt Besserung, anderen den Tod, viele bleiben unbeeinflußt. Die Empfehlung des Wustenklimas, speziell der Stationen *Helwan* und *Assuan* gründet sich auf die Beobachtungen, daß dort oft *subjektive* Besserung eintritt, daß die Oedeme abnehmen, manchmal verschwinden, daß der Eiweißgehalt des Urins abnimmt, daß beim Nierenkranken und beim Gesunden oft der Blutdruck sinkt, und daß gelegentlich auch Heilungen gewisser Nierenaffektionen beobachtet werden. Es handelt sich hier im wesentlichen um eindrucksmäßige Beobachtungen. Die Grundlagen für die therapeutische Beurteilung der klimatischen Faktoren bei Nierenkrankungen fehlten bis vor kurzem, und die Beobachtungen für günstige Wirkungen des Klimas sprachen, argumentierte man gemäß den „Weltweisen“ des Dichters „sogleich wird auch von diesem die Möglichkeit bewiesen“. Die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung von Nierenleiden sah man in einer *Entlastung der Nieren* einem vikariierenden Eintreten der Hautfunktion und sprach von *Nierenferien*.“ Wesentliche Fortschritte der Heilkunde sind oft zunächst eindrucksmäßig empirisch, wie wir zu sagen pflegen, gewonnen worden und später, oft viel später erst kam die Begründung für die Tatsache der Heilwirkung. Die Nierenaffektionen stehen hier nicht vereinzelt. Bis vor kurzem fehlten die physiologischen Grundlagen für die Beurteilung der Klimaeinflüsse und es fehlte auch an einer praktisch befriedigenden Aufteilung des vielgestaltigen Bildes des Morbus Brightii.

Beide Voraussetzungen sind heute zu einem guten Teil erfüllt.

Das *Klima* und speziell das *Wusten* und *Hochgebirgsklima* und ihre Einflüsse auf den Stoffwechsel und die Hauttätigkeit sind vor allem durch die Forschungen *Loewy's* und seiner Mitarbeiter festgelegt worden.

Die Einteilung der Nierenkrankheiten die sich zu einem guten Teil an den Namen Volhard knüpft, verdankt die ungewöhnlich rasche und allgemeine Verbreitung ihrer Brauchbarkeit in therapeutischer Hinsicht

Zur Verständigung sei ein kurzer Hinweis auf das pathogenetische Einteilungsprinzip erlaubt, soweit sie hier interessieren (Volhard Lichtwitz) Beschränkung und Zwang, die jedes Schema aufweist, werden überkompensiert durch die Klarheit, die eine folgerichtige Therapie ermöglicht

I Vorwiegend am Glomerulus beginnende Affektionen

Glomerulonephritis mit Hämaturie Oligurie und früher Blutdrucksteigerung

Ausgang in Heilung oder in sekundäre Schrumpfniere mit

- a) Stadium der Nierensuffizienz und
- b) Endstadium der Niereninsuffizienz mit Hypostenurie Isostenurie und Vermehrung des Harnstoffes bzw. Reststickstoffes im Blute

II Vorwiegend am Tubulus beginnende Affektionen (Epithelial Nephrosen)

- a) akute (febrile Albuminurie)
- b) chronische oder subchronische gekennzeichnet durch Oedembereitschaft oder Oedem meist hohen Eiweißgehalt des Urins ohne Blutdrucksteigerung
Überang in Heilung oder Insuffizienz

III Am Gefäßapparat beginnende Affektionen

- a) juvenile orthostatische Albuminurie (funktionell)
- a) Nephrosklerose (Nephrosklerosis lenta oder benigna (Hypertonie) gekennzeichnet hauptsächlich durch Blutdrucksteigerung die hier in der Regel die höchsten Grade erreicht
- c) Nephrosclerosis progrediens maligna Sklerose relativ rasch zur Insuffizienz und Uraemie führend gekennzeichnet durch hohen Druck plus renale Symptome in verschiedener Ausbildung

IV Herdformige Nephritiden banale oder tuberkulöse

Es scheiden für die klimatische Behandlung von vorneherein aus die akute Nephritis und die akute Nephrose im floriden Stadium erst in der Rekonvaleszenz kommen klimatische Kuren in Frage Ein Hinweis auf diese Krankheiten ist hier lediglich am Platze, weil ein klimatisch bedingter Komplex die „Erkältung“ etiologisch eine gewisse Rolle spielt wenn diese Träger bestimmter Krankheitserreger oder bestimmt konstitutionell veranlagte Individuen trifft Damit ist auch hingewiesen auf die Gefahr des Windes und der Luftfeuchtigkeit für den schon Nierenkranken

Es scheiden ferner aus und bilden eine strenge Kontraindikation gegen Klimakuren die Insuffizienzstadien der Nephritiden, Nephrosen und der „malignen“ Sklerose mit erheblicher Harnstoff bzw. Reststickstoffanreicherung im Blute, mit verminderter Verdünnungs- und Konzentrationsfähigkeit der Nieren Des weiteren scheiden aus alle Fälle mit Herzinsuffizienz, die besonders bei den sogenannten benignen Sklerosen eintritt

Es bleiben für die klimatische Beeinflussung nach ihrer Häufigkeit geordnet

- 1 von vaskulären Affektionen
- die orthostatische Albuminurie
- die benigne Sklerose mit suffizientem Herzen
- 2 die mittleren Stadien der Nephritis ohne Insuffizienz
- 3 die subchronischen und chronischen Nephrosen,
- 4 die herdförmigen Nierenerkrankungen (binale und tubelulose)
- 5 Reliquenzstadien akuter Nephritiden und Nephrosen

1 Die orthostatische Albuminurie verlangt eigentlich *keine Behandlung*

Die Zürcher Schulkinder bedürfen zur Aufnahme in die zahlreichen Ferienkolonien der Stadt einer ärztlichen Empfehlung. Wir empfehlen Orthostatiker für den Landaufenthalt ohne Rücksicht auf Ort, Kost und körperliche Leistungen. Die Hauptgefahr der Erkrankung liegt in iatrogenen Schädigungen, indem das Gespenst der „Fleißverluste“ Eltern und Kindern die Lebensfreude vermindert.

Die Nephrosklerosen sind konstitutionell und konditionell bedingt. Psychische Faktoren, Kummer, Sorgen, Aufregungen, dann aber auch Überlastung des Stoffwechsels mit Speise und Trank sind Momente, die ihr Entstehen begünstigen. Sklerosen *im Beginn* kommen für klimatische Behandlung sehr in Frage; dabei wäre Klima im weitesten Sinne zu verstehen und ist wirksam, besonders auch durch die imponderablen Klimafaktoren, die psychischen Wirkungen landschaftlicher und anderer Art, besonders durch den Milieuwechsel. Deshalb soll in bezug auf Wahl des Ortes größte Freiheit walten, um so mehr als eine besondere Lability der Nieren in diesem Falle nicht besteht. Ägypten kommt für diese Fälle nicht in Frage, auch wenn das dortige Klima den Blutdruck etwas erniedrigt. Das Hochgebirge ist durchaus erlaubt und zweckmäßig. Die Laienassoziation, daß ein Sinken des Luftdruckes ein Steigen des Blutdruckes zur Folge habe, ist unrichtig, theoretisch falsch und wird praktisch nicht beobachtet, jedenfalls nicht innerhalb von Werten, die ernstlich in Betracht kommen. Allerdings bedingt ein Aufenthalt in der Höhe *kein Sinken* des Blutdruckes.

Ich habe Patienten beobachtet, die in Zürich (400 m) und in Schuls (1250 m) ihren Blutdruck von 220 mm Hg bei langem Aufenthalt beibehielten, Zürich—Arosa (1850 m) 210 beibehielten, oder Zürich—Davos (1500 m) 190 mm Hg unverändert beibehielten. Auch bei raschem Wechsel und Durchführung der Reise aus dem Tiefland in die Berge oder umgekehrt in einem Tag, konnte ich keine wesentlichen Schwankungen des Blutdruckes feststellen, auch keine subjektiven Empfindungen, so wenig bei psychisch ruhigen Gesunden, wie bei Patienten mit leichter allgemeiner Atheromatose und solche mit Nephrosklerose. Das Damoklesschwert der Apoplexie hängt über je dem alten Nephrosklerotiker mit hohem Druck. Es muß aber gleich die Einschränkung gemacht werden, daß die Aufhängung des Schwerkes im allgemeinen bei Nephrosklerotikern mehr Vertrauen verdient als die bei Damokles. Darüber, *wann* Apoplexie (oder Gefäßruptur) an-

anderer Stelle) eintritt, besitzen wir keine stichhaltigen klinischen Anhaltspunkte. Der Zustand der einzelnen in Frage kommenden Gefäße entzieht sich unserer Kenntnis besonders bei mittelschweren Fällen ohne allgemeine Atheromatose. Das Auftreten der Apoplexie erfolgt hierbei gemäß den Wahrscheinlichkeitsgesetzen, die auf den einzelnen Fall nicht anwendbar sind. Dort, wo der Patient sich am längsten aufhält, wird ihn, wenn überhaupt, auch am ehesten die Apoplexie erreichen.

Die Senkung des Blutdruckes bei Gesunden und Nierenkranken im Wustenklima ist von einer Reihe von Beobachtern festgestellt worden (*Schiffer, Engel, Loewy*). Die Wirkung wird erklärt durch die Einwirkung von Strahlung und Wärme auf die Haut. Die dadurch erzeugte Erweiterung der gesamten Strombahn des Blutes mit Herabsetzung der peripheren Widerstände gibt die Erklärung. Analoge Wirkungen erzielen wir aber auch durch ein warmes Bad mit nachfolgendem Frötieren, besonders auch durch Kohlensäurebäder und schließlich in beginnenden Fällen auch durch wiederholte Aderlässe. Endlich ist die psychische Beruhigung und nicht zu vergessen die Einschränkung der Nahrungszufuhr manchmal von guter Wirkung, so daß Ägypten zur Herabsetzung des Druckes durchaus entbehrlich wird. Man wird speziell Fälle mit sehr hohem Blutdruck und starker allgemeiner Sklerose, und Verdacht auf Hirnsklerose von einer Reise nach Ägypten abhalten, damit der Patient nicht dort von der Apoplexie ereilt werde.

2. Das für die benigne Sklerose Gesagte gilt auch für die mittleren Stadien der „sekundären Schrumpfnieren“ bzw. der chronischen Nephritis mit Nierensuffizienz. Mäßige Spaziergänge sind gestattet, selbst wenn eine leichte Insuffizienz der Nieren vorhanden ist, indem die Muskeltätigkeit keine Belastung des Eiweißstoffwechsels bedingt und damit keine Mehrarbeit von den Nieren verlangt.

Mit gelindem Eirstaunen traf ich vor 8 Tagen einen Patienten mit mäßiger Niereninsuffizienz auf der Diavolezza (2900 m) aufsteigend von Morteratsch, nach einer Höhenleistung von 1100 Metern. Der Mann war bei vollem Wohlbefinden und auch zwei Tage später sah ich ihn wieder in günstigster Verfassung. Es ist erstaunlich, wie groß die Anpassungsfähigkeit auch der kranken Niere ist, wenn berücksichtigt wird, daß der Sauerstoffbedarf dieses Organs ein sehr großer ist (zirka 11 % der Gesamtsauerstoffzehrung) und wenn man bedenkt, daß in diesen doch ziemlich erheblichen Höhen der Partialdruck des Sauerstoffes herabgesetzt ist bei wohl gleichzeitiger Erschwerung des Stoffaustausches im kranken Organ. Vermehrte Durchblutung des Organs bedingt durch die Anregung der Hauttätigkeit und vielleicht auch Vermehrung der roten Blutkörperchen können hier offenbar die genügende Kompensation schaffen.

3. *Nephrose*. Die chronischen und subchronischen Nephrosen sind die Fälle, die den Ruf des ägyptischen Klimas als Heilfaktor bei Morbus Brightii begründet haben. Die Fällung für die günstige Wir-

kung der Klimafaktoren bei Nieren Wassersucht suchte man, wie er wähnt in einer entstehenden Tätigkeit der Haut. Diese Auffassung ist wohl unrichtig. Die große Wasserabgabe durch die Haut im Wüstenklima geht nicht durch Schweißbildung, sondern durch direkte Verdunstung vor sich. Loewy und seine Mitarbeiter konnten bei freier gewählter Flüssigkeitszufuhr keine Urinverminderung und keine Änderung des spezifischen Gewichtes feststellen. Bei Schweißbildung trat allerdings eine erhebliche Elimination von Kochsalz und Harnstoff durch die Haut in Erscheinung. Erst bei Einschränkung der Kochsalzzufuhr der Kost wurde eine sehr geringe Harnmenge bis zu 200 cm³ pro die erzielt. Die günstige Wirkung in der Beseitigung der Oedeme hat man wohl darin zu sehen, daß Hautgefäße und Nierengefäße gleichsinnig reagieren, und daß die stärkere Durchblutung und Anregung der Haut auch eine Erweiterung der Nierengefäße bedingt, so daß der Niere mehr Material zur Elimination angeboten wird. Es liegt hier eine Wirkung vor, die speziell darauf beruht, daß die Zufuhr harnfähigen Materials, in diesem Falle des Wassers zur Niere vermehrt wird. In ähnlicher Weise wirkt ja der Harnstoff als Diuretikum.

Ähnliche Faktoren, wenn auch weniger intensiv, wirken im Hochgebirge auf die Haut ein und können also in ähnlicher Weise die Nierengefäße reflektorisch beeinflussen. So erklärt sich wohl die etwas gesteigerte Diurese, die auch unter physiologischen Bedingungen im Hochgebirge gefunden werden (*Staubli, Jaquet und Starckelin*).

Es besteht daher keinerlei Kontraindikation, Nephrose-Patienten ins Gebirge zu schicken, vorausgesetzt, daß sie selbst nicht dem Winde oder der Feuchtigkeit ausgesetzt seien. Optimale Bedingungen in dieser Hinsicht bietet z. B. *Davos*. Die Verbringung von Nephrose-Patienten hierher scheitert aber sehr häufig an der durchaus unbegründeten Laienfurcht vor tuberkulöser Infektion. Ähnliche günstige Bedingungen der Trockenheit, Strahlung und Wärme bieten gewisse Stationen der italienischen *Riviera di Ponente* und speziell auch *Locarno*, das mit gutem Erfolg von Nephrose-Patienten aufgesucht wird. Viele Stationen der französischen Riviera sind für Nieren-Patienten etwas zu windig, ausgenommen *Hyères*.

Eingedenk der großen Vulnerabilität der Nephrose-Patienten, wird man die Kranken speziell vor „klimatischen Exzessen“ warnen müssen. Speziell kann das Erythem solis sehr ungünstig auf eine bestehende Nephrose einwirken. sieht man doch nach ausgedehnten Sonnenstichen akute Nephrosen und gelegentlich auch Hämaturien. Nochmals soll darauf hingewiesen werden, daß aber auch Nephrose-Patienten mit beginnender *Niereninsuffizienz* nicht in klimatische Kurorte gehen, sondern in häusliche Behandlung oder ins Krankenhaus. Durch allzu starke klimatische Einwirkungen werden sie gerade so wie die insuffizienten Nephritiker der Uramie entgegengetrieben. Besonders muß auch hervorgehoben werden, daß der klimatische Fik-

tor bei der Behandlung der Nephrosen ebenso wie bei andern für diese Therapie in Frage kommende Nierenkrankheiten *stets unterstützt sein muß von allen übrigen therapeutischen Erfordernissen die die Nieren therapie verlangt* Nur wenn neben den klimatischen Faktoren die diätetischen und richtig angewendeten medikamentösen Hilfsmittel restlos zur Verfügung stehen können wir die Verantwortung übernehmen Nierenkranke, speziell Nephritiker und Nephrotiker an klimatische Kurorte zu schicken

Von den klimatischen Einflüssen besitzt Aegypten zweifellos für Nephrosen günstige Bedingungen. Die wahllose Uebersiedlung Nierenkranker überhaupt und oft schwer insuffizienter Nephritiker nach Aegypten ist gefährlich. Es ist nicht abzusehen welches Unheil bei solchen Patienten angerichtet wurde wäre Aegypten so leicht zugänglich wie die Milch. Auch die Milch-Therapie hat, wie Sie wissen, ihr ausgezeichnetes Indikationsgebiet in bestimmten Formen der Nephrose. Dort leistet sie Hervorragendes. Sie kann aber auch Schaden stiften, indem die Milch in vielen Fällen nicht nur keine Entlastung der Nieren bewirkt sondern oft eine Mehrbelastung und gleichzeitig eine diätetische Tortur bedeutet.

Die Kurve zeigt das Verhalten einer Nephrose unter den Einflüssen einiger leicht bestimmbarer klimatischer Daten. Es finden sich in der Kurve verzeichnet nach täglichen Bestimmungen Menge des Getrankes, Menge der Harnausscheidung, spezifisches Gewicht des Harnes, Körpergewicht, von Klimafaktoren Sonnenscheindauer, durchschnittliche Tagestemperatur und mittlere relative Feuchtigkeit in den Mittagsstunden.

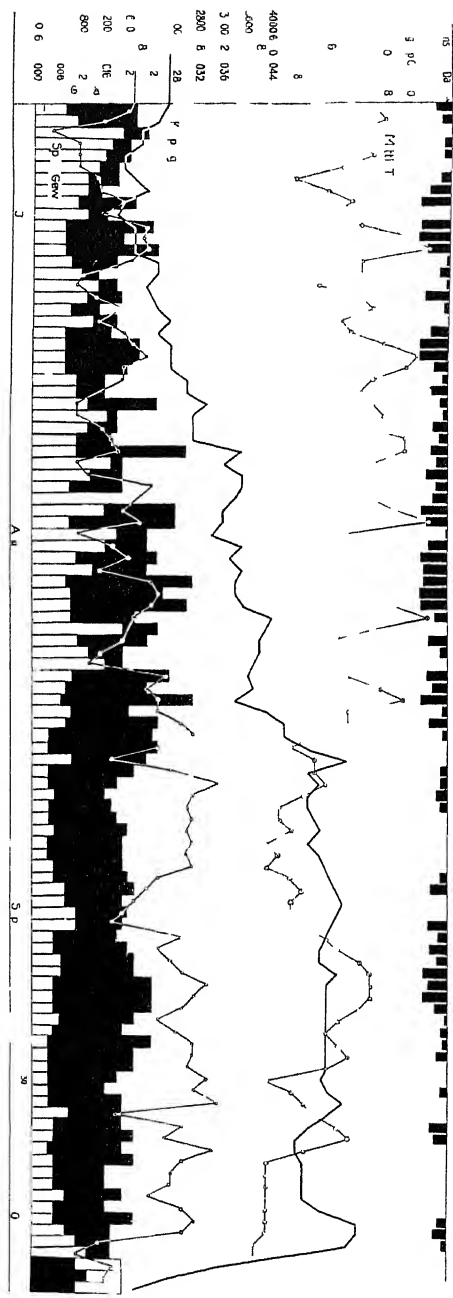
Es zeigt sich die deutliche Abhängigkeit des spezifischen Gewichts von der Harnmenge. Dann ist deutlich das vermehrte Flüssigkeitsbedürfnis an den warmen Tagen. Es entspricht die Harnausscheidung bei weitem nicht der Mehrzufuhr. Nur ein relativ kleiner Teil der im Ueber schuß zugeführten Flüssigkeit erscheint als Vermehrung des Körper gewichts, ein erheblicher Teil des Flüssigkeitsüberschusses verläßt den Körper durch Perspiratio insensibilis und durch Schweißbildung.

Ein deutlicher Einfluß der Klimafaktoren auf andere Komponenten in der Kurve ist nicht erkennbar. Auch der Gesamtverlauf der Erkrankung wurde nicht deutlich durch Klimafaktoren beeinflusst. Patient gab aber das Bestimmtesten an, daß er sich an den sonnigen warmen Tagen die er ausnahmslos in der Inngeheule zubrachte ganz wesentlich wohler fühlte als an den bedeckten kalten oder feuchten Tagen.

Der Kurvenabschnitt betrifft die letzten drei Monate der zuka ein jährigen Erkrankung. Nach dem in der Kurve terminal dargestellten Absinken des Körpergewichts als Ausdruck der Entwässerung tritt bald wesentliche Besserung und Heilung ein, die seit 2 Jahren anhält.

4—5 Endlich bilden eine Indikation für klimatische Kuren die *Rekonvaleszenz nach akuten Nephritiden, nach akuten Nephrosen und speziell auch die herdformigen Nierenerkrankungen*.

Für alle diese Fälle gelten die Postulate des windgeschützten sonnigen trockenen und warmen Klimas, die Meereshöhe kann beliebig gewählt werden. Auch hier ist Voraussetzung, daß der Kurarzt die Nierenkrankheiten versteht, daß er zu unterscheiden vermag zwischen einer belanglosen Rest Albuminurie und Rest Hamaturie und Albuminurie und Hamaturie von Bedeutung, daß er die Herdnephritis



nicht mit der Pannephritis verwechselt und so zu unrichtigen Indikationen und falschen Aussagen dem Kranken gegenüber kommt

Ein besonderes Indikationsgebiet kommt der Nierentuberkulose als Spezialform der herdförmigen Nierenerkrankung zu

Die einseitige Nierentuberkulose gehört in die Hand des Chirurgen. Bei der beidseitigen Nierentuberkulose stehen die Indikationen der allgemeinen Tuberkulosebehandlung im Vordergrund: die Anwendung von Tuberkulin und die Klimaeinflüsse, die sich in diesen Fällen mit den Indikationen der übrigen tuberkulösen Erkrankungen decken.

Diese kurze, etwas schematische Uebersicht zeigt, daß wir heute auf dem Gebiete der Nierenerkrankheiten in Bezug auf klimatische Faktoren ziemlich scharfe Indikationen stellen können, daß wir eine gewisse Einsicht in die Wirkungsweise klimatischer Faktoren bei Nierenerkrankheiten haben. Auffassungen, die nicht unwesentlich von früheren differieren, daß aber auch in diesen Gebieten noch vieles unsicher ist und daß sich auch hier erfreuliche Ausblicke für weitere Forschertätigkeit bieten.

Das Klima muß als Pharmakon im alten Sinne des Wortes aufgefaßt werden: als Zubeihrmittel, das gut angewendet Nutzen stiften, unrichtig angewendet aber großen Schaden anrichten kann.

Klima und Nervenkrankheiten

Von O. Veraguth, Zürich

Der jetzige Stand des Problems Klima und Nervenkrankheiten läßt praktische Fragen von wesentlicher Bedeutung noch gänzlich unbeantwortet und befriedigt den wissenschaftlichen Bedürfnis gar nicht. Diese Unzulänglichkeit hat ihren guten Grund. Die beiden Begriffe, die das Thema zueinander in Beziehung stellen will, sind für unser gegenwärtiges ärztliches Denken weder abgeschlossen, noch endgültig durchgearbeitet. Die Klimatologie steht in voller Entwicklung, die Neurologie hat eben jetzt tiefgreifende Wandlungen durchzumachen.

Die Frage nach dem *Wesen* des Klimas ist zunächst Sache des Physikers und somit vorwiegend ein Gebiet naturwissenschaftlicher Forschung mit zahlenmäßigen Ergebnissen. Groß ist unsere der Ärzte Bewunderung für diese exakte Arbeit. Aber es regt sich doch bei ihrer Betrachtung die für unsern Beruf natürliche biozentrische, bezw. anthropozentrische Tendenz. Und so stellen sich Fragen ein: Ist das, was zahlenmäßig erfaßt wurde, alles im Klima, was auf die Lebewesen, insbesondere den Menschen wirkt, oder gibt es nicht noch recht viele Imponderabilia im Klima, die vielleicht in ihrer Reizwirkung von ebenso wesentlicher Größenordnung sind? Das Festlegen von Mittelzahlen über Klimafaktoren in einem Ort ist wertvoll und mag dessen Klima für den Physiker kennzeichnen. Aber sind nicht die Variationskurven der einzelnen Klimaelemente und ist nicht insbesondere der Zeitfaktor in dem Zusammenspiel dieser Elemente für die Gesundheit und für die Beeinflussung der Krankheit wichtiger als jene Durchschnittswerte? Es gibt verschiedene Klimaeinteilungen, es werden mancherlei Klimagürtelzonen unterschieden. Für uns aber steht die Frage offen: Wird eine dieser Uebersichtseinteilungen den Tatsachen gerecht, daß klimatische Einflüsse zu dem phylogenetisch ältesten mnemischen Besitze des Menschengeschlechts gehört, daß die Anpassungsfähigkeit an das Klima bei der Spezies *homo sapiens* diejenige aller übrigen Arten weit übertrifft, daß der Mensch mit seinem künstlich variablen Privatklima Ausgleichvorrichtungen besitzt, wie sonst kein Lebewesen?

So wendet sich für uns Ärzte unversehens die Frage nach dem *Wesen* des Klimas in die Frage nach seinen Wirkungen auf den

menschlichen Organismus Aus der Klimatophysik erwachst für uns der Wunsch nach einer Klimatophysiologie und Klimatopathologie Erst die letzten Jahre haben auch die weiten Perspektiven einer Klimatopsychologie eröffnet

Unnötig in diesem Kongreß des weitern darzutun, daß die Klimatologie in reicher Entfaltung begriffen ist

Indes ist die Lehre von den Nervenkrankheiten auch nicht un verändert geblieben Es mögen 4 Gesichtspunkte genügen um dies zu zeigen

1 Befriedigt die bisher gültige Einteilung der Nervenkrankheiten in organische und funktionelle unsere jetzigen Anschauungen nicht mehr Sie ist veraltet, wie jede andere medizinische Anschauung die rein nur auf pathologisch anatomischer Grundlage gewonnen worden ist Heute hat man das Recht eine Uebersicht über die Nervenkrankheiten vom physiopathologischen Standpunkt aus zu verlangen Insbesondere dem therapeutischen Interesse kommt eine solche Anschauungsweise eher entgegen Auf der untenstehenden Tabelle sehen Sie einen Vorschlag zu einer solchen Einteilung

Nervenkrankheiten

1 Irreversible Vorgänge

Mißbildungen

Abiotrophien { Friedreich'sche Krankheit Amyotrophien Bulbarparalyse familiäre Opticusatrophie etc)

Zerstörung von Neuronen { durch Zirkulationsstörungen
durch mechanische Gewalt
durch Tumoren
durch Gliawucherung

2 Reversible Vorgänge

Entzündungen

Toxikosen

Zerstörung von regenerationsfähigen Neuriten

Störungen der optimalen Erregbarkeit

- a) Vorwiegend vegetativ nervös bedingt
- b) Vorwiegend psychisch bedingt

Die krankhaften Vorgänge im Nervensystem sind entweder irreversibel oder reversibel Zu den irreversiblen Veränderungen sind zu zählen die Mißbildungen und die von *Cowley* sogenannten Abiotrophien (wie Friedreich'sche Krankheit Bulbarparalyse etc) und die Zerstörung von Neuronen durch Blutabspeirung Blutungen durch mechanische Gewalt durch Tumoren und durch Gliawucherung (wie bei der Syringomyelie) Kein Mittel ist denkbar, diese Veränderungen selbst rückgängig zu machen

Im Gegensatz dazu sind im Prinzip reversibel die entzündlichen Vorgänge (sie sind im zentralen Nervensystem allerdings meist von der irreversiblen Zerstörung von Neuronen begleitet) die Toxikosen die durchaus nicht immer den Untergang von Nervengewebe zur Folge haben müssen sodann die Zerstörung von regenerationsfähigem Nervengewebe (die Neuriten im peripheren Nerven) und schließlich

die numerisch weitaus vorwiegenden Störungen der optimalen Erregbarkeit der Nerven Elemente Diese letztere Kategorie umfaßt wohl im wesentlichen die sogenannten Neurosen

2 Diese umfassen ein Gebiet auf dem die Neurologie der letzten zwei Jahrzehnte gehörig umzulernen hatte Es ist auch das Gebiet, in dem die Klimatotherapie bis jetzt am meisten in Frage gekommen ist Sie finden in der Literatur durchwegs die Angabe daß die funktionellen Neurosen nämlich Neurasthenie, Hysterie, Hypochondrien ja selbst Angstneurosen und traumatische Neurosen, sogar Melancholien klimatisch wesentlich beeinflußt werden können

Die heutige Neurologie wird solche Indikationsstellungen mit Skepsis betrachten Vor allem deshalb, weil zwei weitere wichtige Wandlungen in ihrem eigenen Gebiet gelehrt haben, das Wesen dieser Krankheiten anders zu betrachten als dies noch vor einigen Jahren üblich war

Die eine Aenderung ist die starke Verlegung des wissenschaftlichen Interesses auf das vegetative Nervensystem, das bis vor kurzem die Nervenärzte nur nebenbei beschäftigt hat Heute wissen wir, daß von den Neurotilern ein großer Prozentsatz an mangelhafter Funktion dieses phylogenetisch ältesten Teiles des Nervensystems leidet Was insbesondere früher Neurasthenie hieß, ist wohl selbst in den sogenannten zerebralen und spinalen Formen zunächst eine vegetativ nervöse Erkrankung mit all ihren Konsequenzen der Wirkung auf die Hormonalorgane nach der einen Seite die Wirkung auf die zerebrospinale Achse auf der andern Seite Wir stehen erst am Anfang weitgehender Umwandlungen auf diesem Forschungsgebiet und mir scheint es sicher zu sein, daß gerade die Frage der klimatischen Beeinflussungen solcher krankhafter Zustände aus Fortschritten der Forschung über das vegetative Nervensystem insbesondere Vorteile ziehen wird

Die andere Aenderung ist etwas älteren Datums Es ist dies

3 eine Wandlung im neurologischen Denken die ebenfalls gerade auf dem Gebiet der funktionellen Neurosen umwälzend gewirkt hat Das ist die gerechte Würdigung der psychischen Komponente eine Einsicht die eingesetzt hat mit den psychotherapeutischen Bestrebungen verschiedenster Observanz und der unser Verstandnis für mancherlei pathologische und normale Vorgänge ungemeine Erweiterung verdankt So kann heute als gesichert gelten, daß bei der Hysterie der Hypochondrie der Angstneurose, der traumatischen Neurose etc der Schwerpunkt der krankhaften Veränderungen im psychischen Gebiet zu suchen ist (wobei nicht gesagt sein soll daß apsychische Veränderungen bei diesen Krankheiten nicht auch mitspielen, bloß wiegen sie nicht vor) Man kann auch meines Erachtens heutzutage nurmehr zu Unrecht sich gegen die Erkenntnis sträuben daß die tiefen Stufen des Bewußtseins in der Genese solcher Zustände präponderieren Diese Erkenntnis von der Macht des Unbewußten ist ein gewaltiger Schritt vorwärts Er er

öffnet uns auch für die normale Psychologie, selbst für die Physiologie weitere Verständnismöglichkeiten. Wenn wir z. B. von solch modernem psychologischem Standpunkt aus die sensiblen Afferenzen betrachten, so ist es klar, daß von den Reizen die unsere Hautrezeptoren treffen, nur ein Bruchteil unser bewußtes Empfinden erreichen während unbewußt bleibende Wirkungen derselben Reize tiefere Instanzen unseres Nervensystemes beeinflussen. Jedermann wird zugeben, daß gerade die Klimato-Physiologie und Therapie mit diesen Teilen der Reizfolgen sich reichlich zu beschäftigen hat. Wurde man auf dem alten Standpunkt verharren, daß nur das Sensibilität sei, was wir bewußt empfinden, so wäre unserer Forschung auf diesem Gebiet alsbald Tui und Tor geschlossen. Gerade die Lehre von den Klimawirkungen kann nur aufgebaut werden auf der scharfen Unterscheidung von bewußtwerdenden und unbewußt bleibenden Reizfolgen, und somit auf objektiven und subjektiven Kennzeichen der Wirkung von Klimareizen auf Erfolgsorgane von der Psyche hinunter bis zu den periphersten Drüsen und Kapillaren.

Ein weiterer bedeutender Fortschritt zufolge neuzeitlicher Zentrierung unseres Denkens auf die Psychologie macht sich ebenfalls auf klimato-therapeutischem Gebiete geltend. In den gelesenen Handbüchern der letzten Jahrzehnte steht noch geschrieben, daß bei Neurosen der Klimawechsel günstig wirken könne, weil durch die Ortsveränderung *gleichzeitig* der Kranke einem neuen Milieu, neuen Eindrücken, neuer Tageseinteilung, ja weil er einer andern Nahrung ausgesetzt sei. Heißt dies: Dem Klima geben, was des Klimas ist? Ist dies nicht eine ganz unreinliche Vermengung von nicht oder nur wenig dem Wesen nach Zusammengehörigem? Ein Sichverstecken hinter Selbstverständlichkeiten, wenn über noch wenig Abgeklärtes ausgesagt werden sollte?

Solcherlei Unklarheiten sind heute weniger wahrscheinlich, nach dem der Blick für die Wichtigkeit des Psychologischen geschärft ist. Ein Hinweis auf die hervorragenden Verdienste *Hellpach's* in dieser Richtung genügt an dieser Stelle.

4. Und schließlich kann darauf hingewiesen werden, daß auch die Neurologie von den neueren Forschungen über die Konstitution, für welche ja die Medizin in den letzten Jahrzehnten mächtiges Interesse gezeigt hat, beeinflusst worden ist. Es mag für das heutige Thema in diesem Zusammenhang beispielsweise nur an die konstitutionellen Typen der klimatischen Anpassungsfähigkeit erinnert werden: an die Kälte, Wärme, Kontrast und Anpassungsnaturen *Hellpach's* und an die verschiedenen konstitutionell bedingten Ablaufformen der *Kollaris* in der Reaktionsbereitschaft einzelner Individuen auf Klimaunterschiede, in weiter gehender Differenzierung der alten Begriffe des eretischen und torpiden Charakters unterscheidet.

Von solchen Gesichtspunkten aus sei zuerst besprochen die Rolle des Klimas in der *Genese* von Aenderungen des Nervensystems sodann die *Kontra-Indikationen* und schließlich die *Indikationen* klimatischer Beeinflussungen bei den verschiedenen auf der oben zitierten Tabelle auseinandergehaltenen Gruppen der Nervenkrankheiten

Exzessive Klimata können das Nervensystem schädigen. *Lind hard* hat die deprimierende Wirkung der Polarnächte plastisch geschildert. Es tritt Schlaflosigkeit ein, nach dem Erwachen ist man träge, gereizt, deprimiert, die Initiative vermindert sich, Arbeiten werden nur begonnen nicht fortgesetzt, die Energie versandet.

Die Einwirkung der Tropenklimate auf Europaer ist bekannt. Auch wenn anderweitige Schädigungen, etwa durch Fieber, Alkohol etc. nicht im Spiele sind, so tritt nach übereinstimmenden Angaben bei den meisten im zweiten oder dritten Jahre jene Veränderung ein, die mit Mattigkeit, Schlafstörungen, Gereiztheit beginnt und sich allmählich bis zu einem Erschöpfungszustand steigern kann.

Ob für das Eintreten des sogenannten Tropenkollers neben den Klimaeneinwirkungen nicht auch anderweitige Determinanten endogener Natur (psychopathische Disposition) oder exogener Art (chronische Vergiftungen) notwendige Vorbedingungen sind, entzweit sich mangels eigener Beobachtungen meinem Urteil.

Aber auch in den gemäßigten Zonen kann das Klima dem Nervensystem in schädigender Weise zusetzen, in besonders ungünstigen Witterungskombinationen den Menschen toten, unter den Erscheinungen schwerer Beeinträchtigung regulatorischer nervöser Funktionen. Diese pathologischen Zustände sind ja alle bekannt und es wurde eigentlich genügen, an Hitzschlag, Sonnenstich, Erfrierung und Bergkrankheit mit bloßer Aufzählung zu erinnern.

Es mag aber vielleicht gestattet sein, daß solche Klimawirkungen für einen Augenblick scharfer unter die Lupe genommen werden. Sind sie doch geeignet uns die Angriffsstelle von Klimafaktoren im Nervensystem z. T. aufzuzeigen, die Wichtigkeit der Kombination bestimmter Klimaelemente für ihre Wirkung auf das Nervensystem zu demonstrieren, die Bedeutung der Zeitfunktion ins Licht zu setzen und schließlich uns daran zu erinnern, daß für einzelne tiefgreifende Veränderungen im nervösen Getriebe unter solchen Klimaeneinwirkungen die klimatologischen Erklärungen noch gänzlich ausstehen.

Um mit der letztern Gruppe zu beginnen, sei die Bergkrankheit mit ihren durchaus nervösen Symptomen angeführt. Noch in seiner neuesten Zusammenstellung über allgemeine Klimatologie hat *A. Loewy* auf die Unsicherheit der bisherigen Erklärungsversuche hingewiesen und auf die Möglichkeit, daß Elektrizitäts- oder Radioaktivitätsverhältnisse in der Luft die *materia peccans* seien.

In die gleiche Kategorie gehören die nervösen Zustände, die viele Leute zeigen, wenn bei uns in den Alpen der Föhn regiert. Soweit meine Erfahrung reicht, ist die Föhnempfindlichkeit doch ein Stigma vegetativ nervöser Disposition. Hemikraniker, diese Prototypen der

Vasomotorenüberempfindlichkeit stellen ein besonders großes Kontingent zu diesen Opfern einer klimatischen Beeinflussung. Aber welches die schädlichen Klimabedingungen sind die der Föhn mit sich bringt ist mir E bis jetzt noch nicht festgestellt worden. Auch die Zusammenstellung der Wirkung des Föhns mit derjenigen anderer „nervenerregender“ Winde in andern Breiten dem Scirocco in Italien, dem Khamsin in Egypten dem Leveche in Spanien dem Zonda in Argentinien den gefürchteten Nordwinden auf St. Helena und in Natal und dem Südostwind in Kapland löst das Rätsel nicht weil auch bei all diesen Winden die bisherige Erklärung für ihre merkwürdige Wirkung auf das Nervensystem nicht gefunden worden ist.

Die Wichtigkeit des Zeitfaktors in der Wirkung von Klimareizen illustriert bei längerer Summierung derselben die oben angeführte Polarnacht und das Tropenklima, und nach relativ kurzer Einwirkung der Vorgang der Erfrierung. Auch bei dieser sind es in erster Linie pathologische Vorgänge im Nervensystem die das klinische Bild zusammensetzen. Erst die Schädigung der Wärmeregulierung, dann die Koordinationsstörung und schließlich ein medullärer Tod. Damit bei tiefer Temperatur die ganze Reihenfolge dieser Symptome auftritt ist aber immerhin eine gewisse Dauer der noceptiven Reize notwendig. Gegen kurz dauernde ebenso tiefe oder noch tiefere Temperaturen wurden die Ausgleichvorrichtungen der Wärmeregulation mehr als genügen.

Die Notwendigkeit der Kombination von bestimmten Klimafaktoren zum Zustandekommen einer schweren Schädigung die ebenfalls als akuter Defekt des Nervensystems betrachtet werden muß, zeigt der Hitzschlag *Jakubasch* dem wir hierüber eine besondere Arbeit verdanken weist auf Fälle dieser Affektion hin bei denen die schädigende Temperatur gar nicht besonders hoch, die gleichzeitige Luftfeuchtigkeit aber derart war daß die Wärmeregulierung des Organismus Schaden litt, so einmal bei 24—28 Grad Celsius Lufttemperatur und 72 % Feuchtigkeit einmal sogar bei 18 Grad Celsius, aber 76 % Luftfeuchtigkeit. Zunehmende Schwäche, eint profuse Schweißsekretion, Kopfschmerz, Beklemmung, erhöhte Herzfrequenz, dann Schwindel, Bewußtseinsverlust, Versiegen der Schweißsekretion, maximale Herzbeschleunigung, flache Atmung schließlich allgemeine Krämpfe, Erweiterung der früher eng gewesenen Pupillen — dieser ganze Ablauf der Hitzschlagsymptome weist auf Schädigung vornehmlich des vegetativen und erst sekundär auch des zerebrospinalen Nervensystems hin.

Eine besondere Demonstration über die Angriffsstelle des schädigenden Klimafaktors bietet, so glaube ich, ein Hirnpräparat das von einem an Sonnenstich Gestorbenen stammt und das ich dank der Liebenswürdigkeit des Kollgen *Ruppner* in Simraden, Ihnen zeigen kann. Es ist bekannt, daß über den Sonnenstich die letzten Akte auch noch nicht abgeschlossen sind. Nach den einen genügt die In-

solution des Schädels nach unten muß dazu die Warmestauung im ganzen Körper kommen, um die Schädelbestrahlung tödlich wirken zu lassen. Die Tierversuche von *Aron* an Affen sprechen für die letztere Annahme. Sei dem wie ihm wolle, so ist die Frage doch interessant, wo denn und wie die Sonnenstrahlen auf das Gehirn wirken. Das Präparat das Fig. 1 im makroskopischen Bilde zeigt dürfte auf diese Frage vielleicht eine gewisse Antwort geben. Sie sehen vor sich das Bild einer *Purpura cerebri*.

Die Marksubstanz ist mit minimalen Blutungen und anderweitigen Folgen der lokalen Zirkulationsstörung so durchsetzt, daß sie im Formolpräparat sich wie durch eine elektive Färbung in toto von der Rinde abhebt. Nur ein ziemlich breiter Streifen subkortikalen Markes erscheint weit herum intakt und die Rinde zeigt fast keine Störungen. In mikroskopischen Bildern sieht man im Mark kleine perikapillare Ringblutungen und weite Höfe von Markzerstörung durch perivaskuläres Oedem und den Beginn reaktiver Gliavermehrung.¹⁾



Schnitt durch das Hirn eines an Sonnenstich Verstorbenen

Das Gehirn stammt von einem 35jährigen Manne, der im Jahre 1923 während etwa 8 Tagen im Berninagebiet bei heißem sonnigen Wetter von Klubbhütte zu Klubbhütte wanderte und dann in einer solchen Hütte bewußtlos aufgefunden ins Spital gebracht wurde und dort im tiefsten Koma ohne ein anderes Bild als das einer Hyperthermie, des hohen Pulses und einer ausgesprochenen Nackenstarre, einer Lymphocytose im Liquor, einer Leukocytose und einer leichten Albuminurie aufzuweisen, stirbt.

Dies ist der zweite Fall bei dem nach Sonnenstich im Gebirge bei der Sektion Hirnpurpura gefunden worden ist. Der erste ist von *Schwab* im Berner pathologischen Institut beschrieben worden und jenes Gehirn stammt von einem Mann, der im Finsteraarhorngebiet der Insolation zum Opfer fiel. Mikroskopische und makroskopische Befunde sind bei beiden Fällen ungefähr gleich.

Ist es nun nicht merkwürdig, daß die der Schädeloberfläche näher liegenden kortikalen Gefäße sozusagen normal, die tiefer liegenden des Markes aber im Zustand der Stauungserweiterung mit all

¹⁾ Der Fall wird demnächst andernorts ausführlich veröffentlicht.

den Folgeerscheinungen in Gestalt von Gefäßwandnekrose, von perivaskulären Oedemen und Diapedese, z T auch der Rhexis sind? Ich mochte mit aller Reserve auf ein Analogon in der Warmewirkung auf die Haut aufmerksam machen. Es ist bekannt, daß strahlende oder konvektive Wärme von großer Intensität und genügender Dauer subkutane Abschnitte des Zirkulationsapparates viel schwerer und länger lahm als die oberflächlichen Hautschichten, die Nachwirkung der thermischen Beeinflussung aufweisen. Dies zeigen die großmaschigen marmorierten Zeichnungen der Haut, die beispielsweise unter heißen Kataplasmen lange Zeit fortzubestehen pflegen. Die Analogie in beiden Phänomenen der Warmewirkung auf den menschlichen Körper kann darin gesehen werden, daß sowohl in der Haut als auch im Gehirn gewisse nicht ganz oberflächlich liegende Teile des Vasomotorenbaumes für bestimmte thermische Beeinflussungen besonders empfindlich sind, während oberflächlicher liegende Vasomotoren sich der Beeinflussung besser anpassen. Ist diese Auffassung richtig — und sie erklärt die merkwürdige Verteilung der Schädigung im Gehirn doch recht einfach — so wurde dies heißen, daß der Sonnenstich eine Nervenkrankheit aus zwei Gründen sei: 1. weil die primäre Ueberwärmungsschädigung ganz bestimmte Vasomotoren abschnitte, also vegetative Nerven, — trifft, und 2. weil die sekundären Folgen sich in den Neuriten des Hirnmarkes auswirken.

Alle die eben angeführten Schädigungen durch Klimafaktoren beruhen auf exzessiver Größenordnung im Vergleich zu den Anpassungsvorrichtungen des Körpers, welche vornehmlich im vegetativen Nervensystem lokalisiert sind.

* *

Nun können aber auch Schädigungen einsetzen, wenn die gleichen Klimafaktoren noch innerhalb ganz geringer Größenordnung wirksam sind, die Anpassungsvorrichtungen des Organismus aber durch Krankheit gelitten haben. Hieraus ergeben sich die *Kontraindikationen* der Klimatherapie bei gewissen pathologischen Zuständen. Sie sind relativ leicht verständlich, beispielsweise bei Uebererregbarkeit sensibler Neurone, Neuralgien, Neuritiden im schmerzhaften Stadium und radikulitischen Schmerzen der Tabiker verlangen Schonung. Solche Patienten soll man deshalb nicht in rauhe Klimata mit heftigen Temperaturschwankungen versetzen, auch nicht in Gegenden, wo nervenerregende Winde herrschen, wenigstens nicht zu Zeiten, da solche regelmäßig einzusetzen pflegen.

Im übrigen beziehen sich die Kontraindikationen bestimmter Klimata insbesondere auf die Schwierigkeit der Akklimatisation. Da diese im wesentlichen wieder eine Funktion der vegetativ nervösen Ausgleichsvorrichtungen und die Pathologie derselben noch wenig ausgebaut ist, sind wir auch in der Vorausbestimmung der Akklimatisationsbeschwerden bei den einzelnen pathologischen Zuständen wenig

sicher Soviel steht fest, daß man beispielsweise bezüglich der Akklimatisation im Hochgebirge auch bei nervösen Erkrankungen im all gemeinen viel zu ängstlich gewesen ist Vorausgesetzt, daß die ärztlichen Ratschläge für die ersten Tage im Hochgebirge gut sind und auch befolgt werden, überwinden auch einstlich in ihrem cerebrospinalen und vegetativen Nervensystem Geschädigte, zum Beispiel hemiplegische Arteriosklerotiker, Epileptiker, Hirntumorbehaftete usf die Anpassungsschwierigkeiten meist ganz leicht

Äußerst schwierig zum Voraus zu beurteilen ist die Reaktion des kranken Nervensystems auf Klimawechsel, wenn Schlaflosigkeit im Krankheitsbild vorherrscht Höchstens das Asthma nervosum erreicht denselben Grad von Unmühsamkeit gegenüber klimatotherapeutischen Versuchen, wie die Agrypnie Auch hier bin ich geneigt unsere Unsicherheit in der Prognose unserer noch mangelhaften Kenntnis der vegetativ nervösen Funktionen zuzuschreiben wenn auch vielleicht in einzelnen Fällen psychische Determinanten mit im Spiele sein mögen

Es gibt Mittel ungelenke Anpassungsfähigkeit an Klimawechsel zu üben, besonders da, wo vasomotorische Schwäche im Spiele ist, dürfte Klimatherapie zu Hause eine gute Vorbereitung sein für einen Ortswechsel bei dem intensive Einwirkung von Klimafaktoren in Aussicht steht Luftbäder und Sonnenbäder variieren das Privat klima auch solange der Patient noch zu Hause ist Hier kann die Wirkung solcher Maßnahmen vom Arzt noch kontrolliert werden, der den Patienten schon seit längerer Zeit kennt

Tabelle

Nervenkrankheiten		Aufgaben der Therapie	
1 Irreversible Vorgänge			
Mißbildungen			
Abiotrophien	Friedreichsche Krankheit Amyotrophien Bulbarpara- lyse familiäre Opticusatro- phie etc	Hintanhaltung der irrever- siblen Vor- gänge	Verbesserung der Funktion intact geblieb- enes nervöses Gewebes
Zerstörung von Neuronen	durch Zirkulationsstörung durch mechan. Gewalt durch Tumoren durch Gliawucherung	Chirurgie	
2 Reversible Vorgänge			
Entzündungen		Begünstigung von Antitoxinbildung	
Toxikosen		, der Entgiftung	
Zerstörung von regenerationsfähigen Neuriten		„ der Regeneration	
Störungen der optimalen Erregbarkeit		der Wiederlangung der optimalen Erregbarkeit	
a) Vorwiegend vegetativ nervös bedingt		a) durch Tonisierung	
b) Vorwiegend psychisch bedingt		b) durch Psychotherapie	

Sodann sind die sogenannten Uebergangsstationen bei starker Höhendifferenz zwischen Wohn und Kurort zweckmäßige Vorsichtsmaßnahmen

Auch ein anderes Mittel steht in einzelnen Ländern zur Verfügung Das sind die Bergbahnen Ich habe vor Jahren schon die allmähliche Angewohnung in beträchtliche Höhen bei empfindlichen Patienten in der Weise durchführen lassen, daß sie bei der Fußstation einer Bergbahn Wohnung nahmen und etwa durch täglich wiederholte, jedes Mal höher führende Bergfahrten mit immer längerem Bergauf enthält sich innerhalb einer Woche für einen spätern Dauerufenthalt in der Höhe trainierten

* * *

Die *Indikationen* der klimatischen Behandlung bei Nervenkrankheiten müssen sich naturgemäß aus den generellen Aufgaben der neurologischen Therapie ableiten Die nebenstehende Zusatztablelle zu der oben zitierten Uebersicht der irreversiblen und reversiblen Vorgänge bei Nervenkrankheiten orientiert darüber

Es liegt auf der Hand, daß, wo die Chirurgie mit ihren handgreiflichen Maßnahmen am Platze ist, die feinen Beeinflussungen des Klimas ohne Bedeutung sind

Dagegen können sie in Frage kommen, wo es sich darum handelt, die Progredienz von irreversiblen Vorgängen hinten zu halten Wenn eine Amyotrophie, eine Bulbarparalyse, eine Hirnarteriosklerose fort schreitet so ist zweifellos dieser Vorgang mehrfach determiniert die Wurzeln der Krankheit, welche letzten Endes im Nervensystem sich auswirkt können in den verschiedensten Organen, und wohl auch in den endokrinen Drüsen, zu suchen sein Die Funktion solcher Organe aber kann sehr wohl durch die günstige Beeinflussung eines geeigneten Klimawechsels gehoben werden Indirekt wirkt dann eine solche Maßnahme auch im Sinne der Funktionsverbesserung des gesund gebliebenen nervösen Gewebes Sie unterstützt die mannigfachen andern physikalisch therapeutischen Möglichkeiten wirksamer Therapie bei den verschiedensten organischen Nervenkrankheiten die Uebungstherapie, die Elektrotherapie, die Massage etc Man muß von solchen Maßnahmen nur nicht mehr verlangen, als sie geben können Unter Umständen läßt sich durch sie immerhin recht vieles verbessern Wir dürfen nur als Therapeuten uns nicht von der pathologisch anatomischen Vorstellung des Defektes fesseln lassen sondern sollen auf die *Vis medicatrix naturae* bauen, welche im noch unzerstörten Gewebe den Kampf um die Erhaltung der Funktion weiterführt Sie intelligent zu unterstützen, ist unsere Aufgabe und hierfür kann unter Umständen auch die Klimatherapie dienlich sein

Kann die Antitoxinwirkung bei Entzündungen durch Klimatherapie, etwa durch Sonnenbäder, gefordert werden? Kann die Giftausscheidung bei Toxikosen unter besonders günstigen Klimaverhalt

nissen Beschleunigung erfahren? Können die Regenerationsvorgänge bei peripherer Neuritis oder traumatischer Nervendurchtrennung in besonderen Klimaten besser vor sich gehen? Ich weiß es nicht. Die Tatsache, daß darüber nichts oder wenig in den Büchern steht, beweist nicht, daß diese Frage Unmöglichkeiten betreffen. Sprechen denn die Dermatologen nicht von der esophylaktischen Eigenart der Haut, jenes Organs, auf das die Klimafaktoren in erster Linie umstimmend wirken? Ist es nicht wahrscheinlich, daß durch die Umstimmung des Stoffwechsels, der zum Beispiel im Hochgebirge doch schon experimentell erfaßt worden ist, Entgiftungsvorgänge begünstigt werden? Und was die wunderbare Arbeit der *Schwann* sehen Zellen und das Auswachsen der Achsenzylinder bei der Regeneration peripherer Nerven betrifft, laden die äußerst feinen Ergebnisse der histologischen Forschungen *Ramon y Cajals*, *Perioncitos*, *Doquels* und vieler anderer nicht geradezu zu klimatherapeutischen Tierexperimenten in dieser Richtung ein?

Zahlenmäßig die größte Aufgabe therapeutischen Handelns findet die Neurologie in den reversiblen Vorgängen, bei denen es sich darum handelt, den Tonus des Nervensystemes wieder optimal zu gestalten. Eben ist dargetan worden, daß dies eine Indikation bei organischen Nervenkrankheiten ist, soweit das intakt gebliebene Gewebe in Betracht fällt.

Aber die Hauptmasse der Kranken, bei denen die Erregbarkeit des Nervensystems gelitten hat, sind die sogenannten funktionellen Neurosen.

Von zwei Polen aus kann der defekte Erregbarkeitszustand beeinflusst werden. Von der Psyche her und von der somatischen Seite her.

Auch die Klimatherapie hat eine ausgesprochene psychotherapeutische Komponente. Wir brauchen nicht in den alten Fehler zu verfallen und alles, was an einem Ort den Patienten beeinflusst, a conto des Klimas zu buchen. Aber es ist klar, daß, was das Klima via Sinnesorgane bis ins bewußte Seelenleben trägt, mächtig umstimmende Wirkung haben kann. Auch ist das Wohlbefinden, das sich aus unbewußten Klimawirkungen entfalten kann, zunächst eine rein psychologische Angelegenheit. Es hat aber umgekehrt wieder seine weitest gehende Wirkung auf die körperlichen Funktionen. Kurz gesagt: Wie immer das Klima die Psyche beeinflussen mag, durch direkte oder durch Nebenschlußwirkung, stets ist bei der Beurteilung des Klimawechsels diese Komponente in ihrer individuellen ungemein variablen Größenordnung zu würdigen. Andererseits können ja selbstverständlich idealste klimatische Verhältnisse nicht genügen, um depravierende psychische zu eliminieren. Oder sollte Herr Thomas Manns Zauberberg in Wirklichkeit nicht existieren?

Die somatische Beeinflussung der Erregbarkeit des gesamten Nervensystems durch das Klima geht wohl in erster Linie über die humoralen und hormonalen Wege in das vegetative Nervensystem.

und erst in letzter Linie in die Cerebrospinalachse. Mit dem alten Schema Uebung für die torpiden, Schonung für die erethischen Formen der Funktionsneurosen stoßen wir immer wieder an den Tatsachen der empirischen Beobachtung an. Wie wäre es zum Beispiel zu erklären, daß einzelne Basedow Fälle im Hochgebirge sich aus gezeichnet erholen, andere *ceteris paribus* im Gegenteil in verschlechtertem Zustande das Tiefland wieder aufsuchen müssen? Warum tritt bei derselben „Neurasthenie“-Form bei dem einzelnen Patienten im gleichen Ort und unter den gleichen Umständen eine vollige Umstimmung des Appetites, Stuhlganges, Schlafes usw. ein, die bei einem andern Falle fehlt?

Wir können meines Erachtens bei allen diesen klimatotherapeutischen Versuchen, geschehen sie im Gebirge, im Tiefland, an der See, in der Wüste, im Norden oder im Süden, uns an kein Schema anklammern, sondern dürfen nur das eine als feststehend betrachten: im Anfang wirkt jeder Klimawechsel erregend, später in günstigem Falle tonisierend, im ungünstigen Fall die Erregbarkeit des Nervensystems verschlechternd.

Die wissenschaftlich orientierte Klimatotherapie der Neurosen mußte in erster Linie auf die individuelle Reaktionsart des Kranken Rücksicht nehmen und für diese möglichst charakteristische Kennzeichen herausarbeiten. Oft wissen die Patienten selbst aus Erfahrung, daß ihnen das Meer besser kommt, als das Gebirge oder umgekehrt. Warum dies aber so ist, das hat beim Einzelnen die Wissenschaft erst noch herauszufinden. Die Leistung der Akklimatisation, mag sie spielend oder schwierig vor sich gehen, ist höchstens ein Test auf die momentane Ausgleichsfähigkeit. Was wir aber wollen mit der Klimabeeinflussung Nervöser ist die endgültige Hebung des nervösen Tonus und dafür haben wir vorderhand keine andern Kennzeichen als das recht globale Charakteristikum des subjektiven Wohlbefindens und das besser differenzierte des Verschwindens einzelner Symptome. Wie vielerorts in der Medizin, ist auch hier das Wesen und der Vorgang der Heilung noch jenseits der Erfäßbarkeit im Einzelnen.

*

1

*

Wenn ein Gebiet unseres ärztlichen Berufes noch brach liegt, so darf man Wünsche äußern deren Erfüllung die Fruchtbarkeit des Bruchlandes verbessern würde. Ein solches Gebiet ist die Klimatotherapie der Nervenkrankheiten zur Zeit noch. Welche Wünsche hätte die Neurologie in dieser Richtung zu äußern?

Von den Klimatophysikern möchten wir synoptische graphische Darstellungen über die gleichzeitigen Abläufe der einzelnen Klimafaktoren von *Stunde zu Stunde* Darstellungen die auf einem Pauspapier unseren klinischen Synopsen superponiert werden können. Eine solche Einspannung der klimato physikalischen Ergebnisse in das gleiche Koordinatensystem, auf dem die Abläufe der nervösen

Symptome aufgezeichnet werden können, wurde zunächst das post hoc, vielleicht auch einmal das propter hoc von Klimareizen und Aeußerungen des Organismus ermöglichen

Sodann ist unsere Neugier besonders auf die Luft Elektrizitätsverhältnisse gespannt, nicht weil wir sicher sind daß der lebende Organismus auf diese Klimaelemente besonders reagiert, sondern weil wir es vorerst vage vermuten

Den Physiologen waren wir besonders dankbar für klinisch verwertbare Tests über die Reaktion des vegetativen Nervensystems und wenn sie uns untrügliche Anzeichen für den jeweiligen Erregbarkeitszustand der Nerven Elemente zeigen konnten, wurden wir sie preisen

Beitrag zur Zustandsdiagnose der Lungentuberkulose mit Berücksichtigung klimatischer Einflüsse

Von G. von Bergmann Frankfurt a. M.

— —

Als Professor *Loewy* und Kollege *Vogel Eysern* mich aufforderten ein Referat über die Beziehungen der Lungentuberkulose zum Hohenklima zu halten, habe ich das abgelehnt. Ein so umfassendes Problem und eine so problematische Umfassung, wie sie in den beiden Riesenkomplexen Lungentuberkulose und Hohenklima enthalten sind, wollte ich nicht zu entwickeln versuchen, ja der Versuch dieses Thema zu entwickeln, scheint uns wohl allen noch verfrüht die wir, wie diese Verhandlungen es zeigen, uns mühen, auch nur in den Teilrängen da und dort festen Boden unter die Füße zu bekommen.

Damit soll nicht gesagt sein, daß wir die Einzelheit, das Analytische, über die Erfassung des Ganzen über das Synthetische stellen aber daß der Einzelne zufrieden sein darf, wenn er glaubt von wenigen Schritten berichten zu dürfen, die wohl nach vorwärts getan wurden. Verfügt er, wie ich in meiner Klinik, über eine ganze Anzahl von tüchtigen und selbständigen Mitarbeitern so ist er leichter in der Lage, gestützt auf die Ergebnisse dieser Mitarbeiter die von ganz verschiedenen Seiten verwandte Probleme in Angriff nehmen, heute zu berichten und ihnen einen Beitrag zur *Zustandsdiagnose der Lungentuberkulosen* zu bieten auf Grund verschiedener Methodik, die meiner Ansicht nach gerade in Davos zur Anwendung kommen konnte und deren Vergleich mit den Ergebnissen jener Reaktionen im Tieflande wohl objektive Anhaltspunkte geben konnte für die geänderte Reaktion des Kranken im Hohenklima. Gerade hierzu anzuregen und einen Weg zu finden, wie dieselben Kranken im Tieflande und im Hochgebirge vergleichend untersucht werden konnten, ist der praktische Zweck, den ich ganz konkret hier verfolgen mochte. Aus diesem speziellen Grunde, vor allem also um zu gewissen Untersuchungen hier in Davos anzuregen mochte ich von jenen Ergebnissen aus meiner Frankfurter Universitätsklinik berichten.

Niemals wird die Untersuchung des Lungentuberkulosen der morphologisch klinischen Betrachtungsweise entraten können aber Freude an deren Erkenntnis hat die moderne Klinik erst wieder gewonnen, als der Glaube sich durchsetzte, daß über der Form die Funktion steht, daß auch das morphologische Substrat der tuberkulösen Lunge Ausdruck ist einer Gewebsreaktion daß lokale Funktionen im Gewebe das Entscheidende sind für das, was sich in der Lunge vollzieht. Der alte Streit um ein dualistisches Geschehen bei der Lungenphthise, in dem zwar die Genialität eines *Laennec* die Einheit sah, die sogar von *Vallemin* experimentell erwiesen wurde ging trotzdem in den Zeiten von *Niemeyer* *Waldenburg* *Skoda* weiter, ja fand in *Virchow* den klassischen Repräsentanten. Die Knotchensucht und käsigen Prozesse wurden scharf geschieden, für den Phthisiker, d. h. den Kranken mit der exsudativen Tuberkulose, schien es die größte Gefahr, daß er tuberkulos wurde, daß die eine Krankheit der spezifischen käsigen oder gelatinösen Lungenentzündung sich kompliziere durch Resorption und Aussaat käsigen Materials und zur unspezifischen Knotchensucht „der Resorptionskrankheit“ Tuberkulose führe, so lehrte es *Niemeyer*. Und heute wieder ist es die Scheidung in produktive und exsudative Tuberkulose, die im Vordergrund des Interesses steht, die *Aschoff* und *Nikol* morphologisch, *Graff* und *Kupferle* röntgenologisch stützen und die im Zusammenhang mit der Stadieneinteilung der Tuberkulose (*Ghon* *Eugen Albrecht Ranker* um nur wenige zu nennen) uns erscheinen soll als die sog. tertiäre Phthise in ihren beiden Formen der produktiven und exsudativen Phthise als spezifische Manifestation von zwei ganz verschiedenartig verlaufenden Gewebsreaktionen. Diese hier nur ganz grob skizzierten Auffassungen der Neuzeit sind so allbekannt in unserem Kreise, daß ich es wagen kann, sie wie eine historische Phase grob schematisch anzudeuten, während in Wirklichkeit die Dinge weit komplizierter liegen. Nur zwei Publikationen der letzten Zeit mochte ich erwähnen, weil es scheinen mochte, daß bereits alles Errungene wieder in Frage gestellt ist. Von pathologischer Seite hat *Tendeloo* gewichtige Einwände erhoben, von klinischer Seite aus dem Heidehaus bei Hannover uns *Ziegler* gesagt, daß weder anatomisch noch röntgenologisch und endlich auch sonst nicht klinisch mit dieser Einteilung und ihren Grundlagen etwas anzufangen sei. Mir scheint die Kritik *Ziegler's* doch viel zu weit zu gehen. Wer den Arbeiten *Graff* und *Kupferle's* folgend gewohnt ist, die Röntgenanalyse des Einzelfalles mit dem Obduktionsergebnis zu vergleichen und kritisch vom Prosektor vergleichen zu lassen der wird, ich kann es aus den Erfahrungen meiner Klinik nur bestätigen und befinde mich in Uebereinstimmung etwa mit *Friedrich Kraus* und *Ernst v. Romberg* doch aussagen müssen, daß in der Mehrzahl der Fälle eine ausgezeichnete Uebereinstimmung zwischen dem klinischen und namentlich dem röntgenologischen Befunde einerseits und dem pathologisch anatomischen Befunde andererseits besteht, freilich eine Röntgentechnik vorausgesetzt,

die auf ganz weichen Bildern auch das letzte Mögliche jedesmal herauszuholen sich bemüht. Wenn aber beide Kritiker mit Nachdruck betonen, daß Produktives und Exsudatives in so vielen Fällen sich kombiniert, so ist dies auch von Voruntersuchern kaum vergessen worden. Mit welchem Nachdruck weist besonders *Romberg* darauf hin, der zu den beiden Kategorien als dritte quasi gleichwertige, noch die cirrhotischen Prozesse zählt. Ich will hier als auf Einzelheiten auf die Unterabteilungen wie etwa des acinösen, nodösen, des lobulär exsudativen und lobulär exsudativen nicht eingehen. Besonders beachtenswert erscheint mir, wenn *Tendeloo* mahnt, histologische Begriffsbildungen von den anatomischen also den makroskopischen scharfer zu scheiden und über den qualitativen nicht die quantitativen Unterschiede nun zu vergessen. So wichtig und verdienstvoll es mir scheint, daß mein Lehrer *Kraus* die rein quantitative Einstellung des *Turban Gerhardt* schen Einteilungsprinzips unzweideutig abgelehnt hat, auch das Qualitative wirkt irreleitend (im Grunde ist es eine Selbstverständlichkeit), wenn Ausdehnung und Grad der Ausdehnung keine Berücksichtigung fanden. Histologisch, darin hat *Tendeloo* sicher recht, hat wohl jede produktive Granulationswucherung eine exsudative Zone, und auch makroskopisch ist die Verlebung in Einzelfälle eine so innige, die Kombination der Möglichkeiten, wenn man die käsige Pneumonie von den übrigen exsudativen Prozessen abtrennt und noch andere nötige Unterscheidungen trifft, so mannigfach, daß an der Lunge schon allein die exsudativ käsigen, die käsigen und einschmelzenden Prozesse oft als verwirrendes Nebeneinander der exsudativen Kategorie bestehen. *Tendeloo* sagt ferner geradezu, daß zu Zeit eine sichere Erkennung der morphologischen Form der Lungentuberkulose noch nicht einmal zur Beurteilung des Zustandes des Kranken und des mutmaßlichen Verlaufes irgendwie ausreichen würde. Es könne zu Zeit von einer auch nur einigermaßen gesetzmäßigen Gruppierung und Vorhersage der verschiedenen Fälle von Lungentuberkulose auf Grund der klinischen Befunde noch nicht die Rede sein.

„Jeder Fall bleibt somit vorderhand ein besonderer Fall.“ Und selbst die Meinung, daß exsudative und produktive Prozesse vielleicht in schnellem Phasenwechsel einander folgen und nicht gleichzeitig nebeneinander entstehen können, ist Hypothese und bedarf erst noch der Beweise. So verführerisch also es uns auch angesichts der großen Errungenschaften der Neuzeit, die wir skizzierten, erscheinen mag, im Morphologischen die Reaktion des Gewebes zu sehen, es kann sein, daß an eng benachbarten Stellen der Lunge auch gleichzeitig das Gewebe verschiedenartig reagiert, und wir auf den allgemeinen Zustand des Kranken zur Beurteilung mehr angewiesen sind, als auf den in manchem Einzelfall nicht entwirrbaren morphologischen Zustand Ausdruck jener Zustand des Kranken ist ja überhaupt das, was im Vordergrund unseres Interesses steht. Können wir Zustandsbilder ineinanderreihen, haben wir die Entwicklung des Krankheitsverlaufes

Fast mehr wie bei anderen Krankheiten werden wir bei der Lungen tuberkulose für die Prognose, die *Kraus* mit Recht als das Wichtigste bezeichnet, auf den Allgemeinzustand verwiesen. *Lokale Gewebs zustände und Allgemeinzustand* das sind die beiden Fragen, die auf zuwerfen sind, nicht wie getrennte Gebiete eng integriert ineinander. Erkennt doch der Kliniker, daß der Gesamtverlauf nicht zu verstehen ist, geschweige denn prognostisch erfaßt werden kann wenn wir auch beim sog. tertiären Stadium der Lungentuberkulose nur die Gewebs reaktion in der Lunge studieren. Selbst die ernsteste Komplikation die phthisische kavernöse Einschmelzung ist heilbar wie *Turban* ja wiederholt betont hat. Ich konnte Ihnen Bilder von geheilten Kavernen über die mein Oberarzt *Berg* berichtet hat, demonstrieren.

Immer wieder richtet sich die klinische Beurteilung auf den Gesamtzustand. Ich darf vor diesem Kreise kaum sagen, wie Temperaturverlauf und Gewichtskurve, um nur die wichtigsten Allgemeinreaktionen zu nennen, uns oft wichtiger sind, uns mehr besagen wie die feinste Analyse des lokalen Lungenprozesses. Die Bemühungen hier Vertiefung zu schaffen etwa auf Grund des Studiums *spezifischer Antikörper* sind zahlreich und intensiv. Die spärliche Ausbeute steht dazu in krassem Mißverhältnis. Die Scheidung in aktive und inaktive Tuberkulose, wie *Besredka* und *von Wassermann* es noch zuletzt versuchte, hat in Nachprüfungen gerade in Frankfurt sich nicht aufrechterhalten lassen. Am bedeutendsten ist wohl noch *Hayek's* Versuch, an der Kutanreaktion die Ueberempfindlichkeit allergischer Hautreaktionen der negativen und positiven Hautmergie gegenüberzustellen. Aber auch hier lassen uns die Resultate dem Einzelfalle gegenüber oft geradezu in der entscheidenden Frage geht es dem Kranken besonders gut oder gerade sehr schlecht im Stich. Die Deutung all jener spezifischen Allgemeinreaktionen ist erschwert durch widerstreitende Hypothesen. Das soll den Wert von manchen Tuberkulinproben nicht herabsetzen. Aber immer wieder weist es uns auf die *unspezifischen Reaktionen* als Ausdruck der gesamten Korperverfassung des Individuums hin.

So bedeuten die Resultate, die aus dem Blutbild der Leukocyten zu gewinnen sind, einen wesentlichen Zuwachs in der Beurteilungsmöglichkeit. Ich erwähne obwohl auch andere Untersuchungen vorliegen, nur die verdienstvollen Untersuchungen *Romberg's* und seiner Schule, die durch die Beachtung der Leukocytenzahlen, der prozentischen Verschiebung von Neutrophilen und Lymphocyten die Verschiebung der polymorphkernigen Zellen nach links im Sinne von *Arnet Schillings* und des Auftretens von Eosinophilen uns 5 Gruppen an die Hand gegeben haben, die fraglos eine bessere Einsicht über das Verhalten des Phthisikers geben nach einem Zustand und auch nach der Verlaufsart seines Leidens.

Mein Mitarbeiter Dr. *Cahn Bronner* hat sich in sehr ausgedehnten Versuchen in den letzten zwei Jahren mit den *Labilitätsreaktionen des Serums* beschäftigt und hat verschiedene sogenannte

Flockungsreaktionen des Plasmas herangezogen. Er hat sich dann für die Plasmaflockungsreaktion nach *Gerloczy* entschieden, bei der gegen isotonische Lösungen von Salzen der *Hofmeister'schen* Reihe die Ausflockbarkeit des Plasmas geprüft wird. Das Resultat, in einer halben Stunde ablesbar, ist in seinen physiko-chemischen Bedingungen nicht geklärt, wohl aber gab die Anwendung bei einer großen Reihe von Krankheiten uns den Mut, es in besonders großer Ausdehnung bei den Phthisen zu erproben. Nur ausgesprochene Lungentuberkulosen wurden untersucht, also nicht ein diagnostischer Zweck mit der Untersuchung verbunden. Wir gewinnen, das zeigen die Resultate, ein *Maß der Krankheitsintensität*.

Seiner Darstellung liegen im ganzen über 100 Fälle von Lungentuberkulose zugrunde, davon sind 60 über mehrere Monate bis zu zwei Jahren verfolgt, die andern stets wenigstens mehrere Wochen beobachtet und so gründlich wie möglich klinisch durchuntersucht. Gerade bei der Tuberkulose sind starke Unterschiede im Verhalten der Bluteiweißkörper bekannt, und das ist wohl einer der Hauptgründe, daß die unspezifischen Blutveränderungen schon häufig bei jener Krankheit zum Studium gemacht wurden. Auch die Schwankungen der spezifischen Viskosität des Serums, die mein Assistent *Spiro* studiert hat, weisen auf Beziehungen zum klinischen Bilde hin. Aber in so breitem Ausmaß wie die Plasmaflockungsreaktion dürfte eine unspezifische Reaktion mit Ausnahme der Blutkörperchen-senkungsgeschwindigkeit noch kaum studiert sein. Es ist sicher, daß die verschiedenen Methoden solcher Flockungsreaktionen nicht stets das gleiche Resultat ergeben. Wir haben uns durch Vergleiche davon überzeugt, aber der Wert liegt hier nicht im Ausspielen der einen Methode gegen die andere, sondern darin, daß unter Verwendung stets der gleichen Methodik wir ihre Resultate mit klinischen Ergebnissen in Beziehung setzen können und so das unbekannte Verfahren zunächst mit dem besser bekannten allgemein klinischen vergleichend ausweiten. Bei Exsudaten in Körperhöhlen, also vor allem bei der Pleuritis, findet sich stets ausgesprochene Flockung, die nach Resorption des Exsudates verschwindet. Berücksichtigen wir dieses Verhalten, das für unsere Fragestellung als Fehlerquelle ausdrücklich ausgeschaltet werden muß, so läßt sich auf Grund einer ganz großen Reihe von Feststellungen aussagen, daß die klinisch günstig verlaufenden Fälle mit Körpergewichtszunahme, mit fehlen der Temperaturerhöhung mit Neigung zu Schrumpfung und fibrosen Prozessen in ihrer großen Mehrheit keine oder ganz schwache Flockungsreaktion ergeben, daß umgekehrt die schweren Formen mit allgemeinem Descensus, unaufhaltsamem Körpergewichtsverlust, hektischen Temperaturen, oder auch einer hohen Kontinua, die Fälle mit Einschmelzungsprozessen und die schweren exsudativen Formen die käsigen Pneumonien höchste Flockungswerte zeigen. Die leicht durchzuführende und ganz schnell ein Resultat ergebende Methodik gestattete, daß die über 100 Patienten sehr oft, ja jeden zweiten Tag,

selbst auch taglich untersucht wurden, sodaß eine Kette von Urteilen über den Zustand zu gewinnen war, und wir so ein Maß der Krankheitsintensität gewannen. Erst auf dieser Basis interessieren nun die Schwankungen der Resultate, die gelegentlich innerhalb weniger Tage vorkommen, interessieren die Befunde die zunächst unerwartet waren und sich nicht in die Regel einordnen ließen, die durch die ungeheure Zahl der regulären Feststellung uns gesichert scheint. Gerade für diese Ausnahmen hat sich der Wert der Methode zu erweisen. Ich kann aus der großen noch nicht erschienenen Arbeit von Dr. *Cahn Bronner* nur einige charakteristische Beispiele des besonderen Verhaltens im Flockungsergebnis herausgreifen. Ein fieberloser Verlauf, guter Allgemeinzustand, die Plasmaflockungsreaktion trotzdem stark positiv, im linken Oberlappen Kavernen, erst einige Zeit später weicht die anfängliche Körpergewichtszunahme einem rapiden Gewichtssturz — Oder eine lobular pneumonische Phthise, die auch in fieberfreien Zeiten starke Flockungsreaktion behält, übereinstimmend mit standigem Körpergewichtsverlust und ungünstigem Verlauf — Ein jugendlicher Patient trotz Kavernen im Oberlappen reichliche Neigung zu fibroser Entwicklung das Gewicht steigt an, die Flockung ist maximal. Wir waren geneigt, die Prognose trotz der Kavernen relativ günstig zu stellen, wegen des guten Allgemeinzustandes und der völligen Fieberlosigkeit aber die Flockung blieb hoch, er verstarb drei Viertel Jahre später in einer Heilstätte.

Wir glauben auf Grund einer Reihe ähnlicher Verlaufsformen aussagen zu dürfen, daß der *mehrmals hintereinander* erhobene Befund stark erhöhter Plasmlabilität eine ungünstige Prognose stellen läßt. Bei einer produktiv fibrosen Phthise ohne Fieber mit Gewichtszunahme, Verschwinden des bazillenhaltigen Auswurfes und schwach positiver Flockungsreaktion nimmt im weiteren Verlauf ohne Änderung des Allgemeinzustandes die Flockungsreaktion zu. Erst 18 Tage später erfolgt eine ganz schwere Haemoptoe zwei Wochen darauf geht auch die erhöhte Flockung wieder völlig zurück. Der weitere Krankheitsverlauf bleibt durch 4 Monate günstig. War nicht jene vorübergehende Zunahme der Flockung das einzig erkennbare Symptom für ein lokales Fortschreiten des Prozesses? Das Beispiel illustriert wie die Einzelreaktion immer nur eine Aussage zuläßt *über den gegenwertigen Zustand*. Stützen wir uns auf Fieberverlauf und auf Gewichtskurve so ist auch bei der Flockung nur ein Urteil zu gewinnen durch Verfolgung. Ich möchte fast sagen Feststellung der Flockungskurve. Aber gerade, daß sie sich nicht deckt mit jenen beiden andern Kurven, jenen üblichen Kriterien des Allgemeinzustandes, kann im Einzelfalle ihren Wert ausmachen. Eine anfangs hochfiebernde, vorwiegend produktiv nodose Tuberkulose des rechten Oberfeldes von geringer Ausdehnung zeigt zunächst eine mittelstarke Flockung, die nach einiger Zeit unter entschiedenem Anstieg der Körpergewichtskurve günstig verläuft. Die Flockungsreaktion zeigt oft genug ausgesprochene Labilität, das mahnt zu besonderer prog

nostischer Vorsicht, auch will ich ihre prognostische Bedeutung nicht überschätzt wissen und die einmalige Untersuchung auch die von wenigen Malen gestattet nie ein prognostisches Urteil, genau so wenig wie eine noch so genaue Analyse eines momentanen Zustandes es bei der Lungentuberkulose überhaupt zulaßt. Aber die Fälle mit kurzfristigen sprunghaften Schwankungen nahmen durchweg keinen günstigen Verlauf. Bei einer jungen Patientin verursachte ein kleiner Lungenprozeß mit scharf umschriebenen Herdschatten im rechten Oberfeld lange Zeit Fieber, Appetitlosigkeit und schlechten Ernährungszustand, wohl ein sogenannter Fall von Ueberempfindlichkeit. Die Plasmalabilität war nicht erhöht und brachte schon zeitig den günstigen Verlauf, der sich weiter bestätigte zum Ausdruck. Dr. *Cahn Bronner* hat die Kriterien des *Romberg'schen* Blutbildes mit der Plasmareaktion verglichen. Im Prinzip erhielt er übereinstimmende Resultate. Aber es finden sich auch Fälle, bei denen die Blutbildveränderung nach *Romberg* einen schwereren Zustand erwarten ließ während Ausflockbarkeit, übrigens auch die Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit, ein günstiges Resultat andeuteten, das der Verlauf bestätigte. Umgekehrt zeigte sich bei anscheinend leichten Fällen eine Lymphocytose ohne vermehrte Flockung und wies uns auf die Aktivität einer Tuberkulose hin, die durch eine negative Plasmaflockungsreaktion nie auszuschließen ist. Gerade für die Frage nach der Aktivität eines Lungenprozesses kann also die Untersuchung des weißen Blutbildes besonders wichtig werden, weil sich hier bereits Abweichungen von der Norm zeigen die mit der Flockungsreaktion noch nicht zum Ausdruck zu bringen sind. Wir fanden immer wieder, daß unter bestimmter ärztlicher Fragestellung einmal die eine einmal die andere Methode brauchbarer ist. An der Hand zahlreicher Feststellungen darf ich aussagen, daß ausgesprochen exsudative Fälle in der Regel starke Flockungsreaktion zeigen. Sie laßt auch nicht etwa, wie anergische Reaktionen, bei schwersten kachektischen Zuständen nach, währenddem wir dieses bei der Karzinomkachexie für die Flockung oft festgestellt haben. Die Fälle mit positiver Diazoreaktion und der *Weiß'schen* Urochromogenreaktion flockten ausnahmslos stark. Sehr viel wechselnder ist die Kolloidlabilität bei den vorwiegend produktiven Formen der Tuberkulose. Auch hier aber bestätigte sich für die große Mehrzahl der Fälle, daß die produktiv kavernenösen Fälle stark flockten und die wenig flockenden auch jene im klinischen Verlauf sich als günstig erweisenden Formen waren. Nur von einer auffallenden Ausnahme konnte ich berichten! Die *Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit* heute noch weit populärer, zeigte oft gute Übereinstimmung mit den Flockungsresultaten, aber doch sind die Differenzen im Ausfall weit größer, als wir erwarteten. Wir haben sie viel miteinander verglichen und verfügen über 250 vergleichende Untersuchungen. Im allgemeinen ist bei starker Flockung die Senkung rasch, bei schwacher oder fehlender Flockung langsam, aber nicht kann man eine bestimmte Stärke der Flockung einer Senkungszeit zu

ordnen. Bei fehlender Flockung kann jede Senkungszeit zur Beobachtung kommen, aber umgekehrt kommen bei starker Flockung lange Senkungszeiten nicht vor.

Wir müssen um weiter zu kommen nach möglichst vielen von einander unabhängigen Allgemeinreaktionen des Körpers suchen, das kann nur die Zuverlässigkeit des Bildes von der Eigenart des Einzelfalles vermehren. Nur ein Beispiel für viele: eine ausgedehnte acinös produktive Phthise beider Lungen, die wenig fieberte, ergab völlig normale Senkungsgeschwindigkeit aber deutliche mittelstarke Flockung, die weit besser zum Verlauf paßte. So glauben wir sagen zu können, die Resultante aller Faktoren, die den Verlauf der Lungentuberkulose bedingen, wie etwa Stärke der Infektion, Maß der Giftbildung, Art der Reaktion des Lungengewebes, Grad der Allgemeinstörungen kommt mit Einschluß aller seiner individuellen Besonderheiten in der empirischen Flockungsreaktion zum Ausdruck. Die Altersphthise mit dem Auftreten fibroser Prozesse, aber der bekannten gleichzeitigen Neigung zur Verkäsung, zeigte auch bei afebrilem Verlauf meist starke Flockung entsprechend einem ungünstigen, wenn auch chronischen Verlauf. Hayek's Satz „starke Allergie bedeutet starken Kampf“ scheint auch nach der Flockung so zu interpretieren möglich, daß je starker der Kampf tobt, doch die Krankheitsintensität desto geringer ist. Der Prozeß mag sehr aktiv sein, die Abwehr ist ihm zeitlich gewachsen, denn der Zustand des Kranken ist günstig, deshalb die Intensität der Krankheit gering. Zeigt der Kranke normale Kolloidlabilität, relativ langsame B. S. G., Lymphocytose oder Eosinophilie des Blutes und gleichzeitig starke Hautallergie ist die Prognose gut, selbst wenn das Röntgenbild recht ausgedehnte Veränderungen nachweisen ließe. Und umgekehrt erlebten wir zunehmende Flockung, abnehmende Hautallergie, Auftreten von Leukocytose bevor wir klinisch und auch im Röntgenbilde eine Veränderung zum Ungünstigen nachweisen konnten. Macht man die Pirquet'sche Reaktion mit verschiedenen Tuberkulinverdünnungen, so läßt sie sich im Vergleich zur Flockung studieren. Wir finden gelegentlich stärkste Schwankungen der Hautallergie parallelgehend mit spürhaften Schwankungen der Flockungsreaktion, Schwankungen, bei denen Veränderungen am Herde der tuberkulösen Erkrankungen kaum zweifelhaft scheinen. So meinen wir, daß die Methode der Flockung nicht nur, wie in der Mehrzahl der Fälle, schneller eine richtige Auffassung des Krankheitsfalles vermittelt, den man auch durch längere Beobachtung wohl sonst gewinnt sondern daß hier Einblicke in ein wechselndes Geschehen uns möglich werden die im Studium des lokalen Prozesses uns verschlossen bleiben. Wir sehen einen heftigeren Kampf im Körper als er sich sonst dokumentieren wurde. Die Krankheitsintensität wechselt außerordentlich stark. Solche kurzfristigen Schwankungen sind selten, prognostisch kaum jemals günstig, selbst wenn die lokalen Krankheitserscheinungen gering sind.

Es ist unmöglich, die Schlüsse, die aus einer ganz großen Zahl von Beobachtungen und Verlaufsarten gezogen sind im Rahmen dieses Vortrages so darzustellen daß sie Ihnen unmittelbar bewiesen erscheinen. Das Herausgreifen der ganz wenigen Einzelfälle mag schon ermüdend sein, keineswegs soll die Methode der Flockung hingestellt werden als überlegen gegenüber dem *Romberg'schen* Blutbild oder der Senkungsgeschwindigkeit, oder irgend einer anderen Allgemeinreaktion, eher noch im Vergleich zu den spezifischen Reaktionen speziell der Antikörperbestimmung im Blute. Aber auch für die Ueberempfindlichkeitsreaktionen der Haut, aus denen *Hayeck* so weitgehende Schlüsse zieht darf gesagt werden, daß die spezifische Probe für die Beurteilung der Krankheitsintensität Nachteile hat gegenüber der unspezifischen macht doch *Kraus* mit Recht darauf aufmerksam, daß die lokale Empfindlichkeit der Haut und ihre örtlichen Eigenschaften überhaupt zu sehr für die Beurteilung der Allgemeinreaktion störend im Wege sind.

Und doch möchte ich von einer anderen Arbeit aus meiner Klinik referieren, die noch weniger ausgebaut ein Urteil über die Körperverfassung gestattet, das mir noch wesentlicher zu sein scheint wie die bisher besprochenen Allgemeinreaktionen im Plasma. Dr. *Kauffmann* mein Assistent, hat sich mit dem Zellbild beschäftigt das in einer künstlich erzeugten Entzündungsquaddel der Haut auftritt bei gleichdosierter Reizung. Läßt man ein kleines Kantharidenpflaster von stets gleichmäßiger Beschaffenheit und Größe 22 Stunden lang auf der Haut liegen, so findet sich als Folge des genau dosierten gleichen Reizes fast immer darunter eine mit entzündlichem Exsudat gefüllte Blase. Bleibt diese aus, so handelt es sich oft um einen positiv oder negativ anergischen Zustand. Er studierte die Zellen dieses künstlich erzeugten entzündlichen Exsudates und diese geben in der Tat einen Indikator für eine unspezifische Reaktion wenn man ihre Zusammensetzung studiert. Die Zellen werden nach Zentrifugierung des Exsudates und Ausstrich auf den Objektträger nach Art des Blutbildes differenziert. Das erhaltene Resultat ist vollkommen unabhängig vom zirkulierenden Blut, wie *Kauffmann* genau kontrolliert hat. Es ist lediglich Ausdruck der entzündlichen Gewebsreaktion der Haut. Während die polymorphkernigen Leukocyten im Prinzip die gleichen sind wie im zirkulierenden Blut, bereiten die einhöckerkernigen Zellen in der Differenzierung Schwierigkeiten. Es sind nur zum Teil Lymphocyten des Blutes teils sind diese lymphocytoiden ähnlichen Zellen sicher Gefäßwandzellen, Adventitialzellen denn sie zeigen Phagocytose, namentlich die größeren unter ihnen deutliche phagocytäre Eigenschaften z. B. gegen Staphylokokken. In der Entzündungsquaddel finden sich bei normalen Menschen diese lymphocytoiden Elemente zu 2—8% neben 92—98% der anderen Zellen welche größtenteils die gewöhnlichen polymorphkernigen Leukocyten sind neben ganz vereinzelt eosinophilen Zellen. *Kauffmann* hat an einer großen Reihe von Kranken das Zellbild der Entzündungsquaddel der Haut

studiert Fast jede fieberhafte Infektion zeigt eine Veränderung jener Entzündungsreaktion und zwar so, daß meist erst *nach* dem akuten Fieberzustand die lymphocytaren Elemente ansteigen, auf 20 30 und 40 %, der Hohepunkt oft erst 14 Tage nach der Entfieberung erreicht ist und sehr häufig erst nach einem Monat sich wieder eine normale Entzündungsreaktion einstellt Schon diese nachhaltige Umstimmung des Organismus ist interessant genug Die Veränderlichkeit des Zellbildes und ihre Beziehung zu den einzelnen Krankheitsformen und zur Krankheits- oder Immunitätslage etwa bei einer einfachen fieberhaften Angina, bei einer Pyelitis oder akuten Pneumonie zeigt uns eine Art der Allgemeinreaktion, wie sie weder die Senkungsgeschwindigkeit, noch die Flockung, noch auch das Blutbild der Weißen ergibt, denn alle diese sind meist schon lange zur Ruhe zurückgekehrt, wenn die abnorme entzündliche Reaktion noch an dauert

Uns interessiert heute nur das Verhalten der Phthisen Es handelt sich um Beobachtungen an 103 verschiedenen Patienten mit Lungenphthisen Es wurden zunächst namentlich die Fälle aus gesucht die nach den *Graff Kupferle* schen Kriterien mit möglichst großer Wahrscheinlichkeit in eine der beiden Kategorien der produktiven und exsudativen Lungentuberkulose einzureihen waren Unter 56 Patienten mit produktiver Phthise und aktiven Erscheinungen finden sich bei der ersten Untersuchung in je 18 Fällen Lymphocytenwerte von 5—10 bezw 10—15 % und in 7 Fällen 15—20 % Die weiteren 7 Fälle bewegten sich zwischen 20 und 60 % und ein weiterer Fall erreichte 60 % Lymphocyten ganz Nur 5 Fälle betrugen 5 % und weniger In einem sehr deutlichen Gegensatze hierzu zeigten 21 exsudative Phthisen keine Werte über 5 %, ja die Mehrzahl (13 Fälle) fast ein volliges Fehlen der lymphocytaren Elemente, Werte bis zu 1 % und nur 2 Fälle Werte von 4—5 %, also als Höchstwerte kaum die niedrigen Werte der Norm erreichend *Rosfle* hat die zelluläre Reaktion als feinsten Indikator der allergischen Entzündung bezeichnet Ist die Trennung beider Formen auch nicht scharf, so ist *das Verhalten der Entzündung bei produktiven und exsudativen Fällen doch deutlich ein entgegengesetztes* Die reinen produktiven und die reinen exsudativen Fälle, soweit man von solchen am Leben den überhaupt sprechen darf, stehen an den Flügeln in einer Skala der Zellreaktion der Entzündungsquaddel und haben nur eine schmale gemeinsame Strecke Finden sich mehr als 5 % lymphocytoide Elemente im Exsudat, so ist der Schluß auf einen *relativ* gutartigen produktiven Prozeß berechtigt Bei komplizierten Phthisen, etwa einer Komplikation mit einer tuberkulösen Adnexitis, einer Gravidität, sind die Lymphocytenwerte gering Die zelluläre Zusammensetzung des durch einen unspezifischen Reiz erzeugten Exsudates entspricht bei den Graviden den Formen, die wir sonst nur bei ungünstigeren Formen der Phthise zu sehen gewohnt sind Das findet sich bevor eine Veränderung des Lungenprozesses nachweisbar ist,

vielleicht ein Hinweis, daß die verminderte Abwehrleistung des schwangeren Organismus ihren Ausdruck findet im Sinne einer Tendenz zur Umwandlung eines produktiven in einen exsudativen Prozeß. Freilich soll damit die klinische Erfahrung, die gerade auch *Kraus* betont, nicht in Abrede gestellt werden, daß die Gravidität durchaus nicht bei jeder Phthise den Lungenprozeß verschlimmert.

Wichtiger als die einmalige Untersuchung ist auch hier gerade wie bei der Flockung die Veranderlichkeit des Zellbildes bei wiederholter Untersuchung. Wir hoffen durch die Aneinanderreihung von Zustandsbildern die Diagnose der Entwicklung des Leidens zu stellen, den Einblick zu gewinnen in die wechselnden Immunitätsverhältnisse, wenn wir die Krankheitslage auffassen als das wechselnde Kräfteverhältnis zwischen durchseuchtem Organismus und Krankheitserreger. Ändert sich dieses Kräfteverhältnis, d. h. die Immunitätslage, so ändert sich auch das Zellbild des künstlich erzeugten akut entzündlichen unspezifischen Herdes.

Schon physiologisch konnten wir Unterschiede feststellen. Prämenstruell 5 Tage vor der Blutung Abnahme der lymphocytoiden Elemente, mit Beginn der Menstruation Rückkehr auf die Normalzahl. Im Krankheitsverlauf sehen wir bei einer ausgedehnten und fings fiebernden produktiven Phthise Anstieg der lymphocytären Werte, dann ein Absinken auf die Norm. Bei der chronischen Phthise finden wir freilich in der Regel nur ganz langsame Änderungen im Zellbilde. Die allergische Entzündung ist nach ihrer formalen Reaktionsart keineswegs irgendwie für Tuberkulose ein deutlich charakteristisch. Bei tuberkulösen Pleuritiden waren analoge Gesetzmäßigkeiten nicht zu erkennen.

Mögen wir auch versuchen, die örtliche Gewebsreaktion in der Lunge in ihrer ungeheuren Kompliziertheit getrennt zu betrachten von all diesen Allgemeinreaktionen, unter denen ich zwei große Untersuchungsreihen aus meiner Klinik Ihnen heute referiert habe. Es soll doch zum Schlusse betont werden, wie beide Reaktionen in enger Wechselwirkung verlaufen. Für die Gewebsreaktionen in der Lunge sind zum Teil die Allgemeinveränderungen des Körpers bestimmend. Man denke nur an Menstruation und Gravidität, vor allem an die traurigen Folgen der Unterernährung in Deutschland mit ihrem Einfluß auf die Tuberkulose. Umgekehrt ist aber die Allgemeinreaktion durchaus abhängig von dem Erfolg des Kampfes an Ort und Stelle. So schwierig ja unmöglich, es sein kann, im Einzelfalle das ursachliche Geschehen von den Folgezuständen zu trennen, wir haben Fortschritte gemacht in der Erkenntnis pathogenetischer Zusammenhänge durch das Studium der formalen Veränderungen in der Lunge und sonst im Körper. Wir schreiten aber andererseits auch darin fort, die Allgemeinveränderungen bei der Lungentuberkulose zu messen und sie in Beziehung zum ganzen Krankheitsbilde zu setzen. Die unspezifischen Allgemeinreaktionen bedeuten hier für die differentielle Diagnose einer Lungenerkrankung gar nichts, aber

für die Krankheitsintensität und den Zustand des Trägers einer Phthisis confirmata sehr viel, gelegentlich weit mehr, wie das Verfolgen des lokalen Befundes. Ich möchte meinen, daß die Labilitätsreaktionen des Plasmas in näherem Zusammenhange stehen mit dem lokalen Geschehen in der Lunge, während uns die unspezifische Entzündungsreaktion der Haut hinweist auch auf Seiten der Körperverfassung, die mehr bedingend sind für den Krankheitsverlauf, obwohl freilich auch die Krankheit diese wiederum wandelt. Könnten wir die Tendenz zur lymphocytoiden Entzündungsreaktion des Organismus mehren, würde die Neigung zu produktiven Prozessen in der Lunge zunehmen die zu exsudativen Prozessen zurückgehen und damit wenigstens in großem Maßstabe gemessen, der Kampf des Menschen mit dem Tuberkelbazillus sich günstiger gestalten.

Hier liegt etwas was gerade im Hohenklima zu studieren wäre. Ich komme auf das eingangs Angedeutete zurück. Wenn beim *selben* Menschen im Tieflande die Entzündungsquaddel weniger Lymphocyten zeigen würde wie in der Höhe, so wäre vielleicht auch beim Lungenkranken eine Methode gefunden, selbst wenn die übrigen Allgemeinreaktionen noch keine glückliche Wendung verräten und auch noch nicht der lokale Prozeß, die den „Zauber dieses Berges“ auch dem Skeptiker demonstrieren würde.

Aus meiner Klinik hat Dr. *Rona* das zusammengestellt was die für spricht, daß die endokrine Drüsenformel im Hochgebirge gewandelt wird. Wir horten auf dieser Tagung von den Beziehungen der endokrinen Drüsen zum Klima, von Klima und Konstitution und von meinem Lehrer *Kraus* Spezielles über das gesamte vegetative System, jene glückliche Fassung die uns das innersekretorische Milieu in den großen Zusammenhang stellt zu den Nerven des vegetativen Systems, den Ionen, den Säureschwankungen, den Grenzmembranen ja dem gesamten physikochemischen Geschehen, so daß die humoralen und neuralen Zusammenhänge in ihrer Wechselbeziehung zur hormonalen Umwelt gesehen werden. *Rona* ist geneigt, die Heilwirkung des Hohenklimas auf eine Umstellung der Blutdrüsenformel zurückzuführen. Wandelt sich wirklich, und es ist der Anstrengungen weiterer Forschung würdig das gesamte vegetative System durch das Klima, so scheint mir auch die Entzündungsreaktion der Haut, die *Kauffmann* am Zellbilde studierte, eine Methode präziser Art, solche Wandlungen zu erforschen. Nicht auf der bestrahlten Haut natürlich, die als lokal entzündet (wir haben das schon nachgewiesen), ähnlich wie ein Bein mit einer Venenthrombose, andere Entzündungsreaktion auch im Zellbilde zeigt, wie die nicht entzündete, oder gestaute Haut. Es ist zu betonen, daß ähnlich wie beim *Pirquet* auch die Eigenschaften der Haut selbst in der Kantharidenquaddel sich auswirken müssen. Aber am *selben* Menschen studiert, wird auch diese Reaktion im wesentlichsten zu einer Allgemeinreaktion ganz besonderer Art, die bei exakter Durchführung mir so subtil erscheint, daß man sie sehr wohl heranziehen

konnte zur Losung des Problems der unzweifelhaften günstigen Hohenwirkung auf den tuberkulösen Menschen

Ich sehe die Hauptaufgabe nicht darin, daß man die große Unbekannte X, nämlich das Hohenklima, analytisch auflöst in eine Reihe von Teilunbekannten X₁, X₂, X₃ bis X_n, denn Unbekannte bleiben sie, mögen sie physikalisch noch so exakt erfaßt werden. Unbekannte in ihrer Beziehung zur Lungentuberkulose. Nehmen wir das Hohenklima in seiner Gesamtheit gewissermaßen synthetisch nur als *eine* unbekannte Größe hin und verfolgen wir die Einwirkung dieser, wenigstens soweit wir Aerzte sind und nicht Meteorologen in ihrer Auswirkung auf den kranken Menschen. Dort auf uns bekanntem Gebiete können wir immerhin, trotz der ungeheuren Kompliziertheit, einiges trennend erfassen, den lokalen Gewebszustand der Lunge d. h. das Morphologische als Reaktion und den Allgemeinzustand der kranken Person beide funktional integriert ineinander, aber doch so daß uns Methoden zur Verfügung stehen für das Lokale in den Lungen, wie das Allgemeine verschiedenartige Feststellungen zu gewinnen, die einander ergänzen.

Der Anfang ist gemacht und die Phthise auch niemals verstanden werden ohne die Analyse des lokalen Lungenprozesses (*Aschoff*) sie wird auch niemals zu beurteilen sein ohne die Berücksichtigung der Allgemeinreaktionen und darum ist es zu begrüßen daß man beginnt, diese auszubauen daß zur Temperatur und Gewichtsbeobachtung und manchem anderen klinisch so wichtigen Zeichen hinzugekommen ist eine Reihe von spezifischen und ganz besonders unspezifischen Prüfungen des Allgemeinverhaltens eines kranken Organismus. Die beiden Beiträge aus meiner Klinik die ich Ihnen hierher mitgebracht habe, sind gewiß kleine Teile zu einem Ganzen, das sich schon in der Gegenwart durch Resultate anderer Methoden ergänzen läßt. Aber von der Zukunft erwarten wir mehr daß aus der Fülle der einzelnen Feststellungsprinzipien der Zustand eines Kranken die Intensität der Krankheit sich ergibt daß die Aneinanderreihung von Zustandsbildern zur Zustandskette uns die Entwicklung des Krankheitsverlaufes zeigt und daß der Verlauf uns gestattet, die Prognose, als letztes Ziel die „Lebensprognose“ zu stellen. Umstimmend zu wirken zu Gunsten des Sieges der Patienten das erreichen wir schon heute durch spezifische, wie unspezifische Behandlung immerhin so manches Mal. Man ist aus ärztlicher Erfahrung keine günstige Wandlung erwiesener wie diejenige des Hohenklimas. Möchte sie auch durch diese Tagung und die folgenden bald präziser wissenschaftlicher Erfassung besser zugänglich werden. Methodische Wege zu diesem Ziele mag es viele geben. Wie auch meine beiden Mitarbeiter solche zu finden versuchten, wollte ich Ihnen heute berichten.

Die Arbeit von Privat Doz. Dr. *Cohn Bronner* erscheint in der *Zschr. f. klin. Med.* 1926 die von Priv. Doz. Dr. *Friedrich Kauffmann* in der *Krankheitsforschung* 1926

Nicht tuberkulose Erkrankungen der Atmungsorgane im Hohenklima

Von Prof. R. Staehelin Basel

Wenn ich heute über nichttuberkulose Erkrankungen der Atmungsorgane im Hohenklima sprechen soll, so werden Sie von vorneherein nicht erwarten viel über eine *einheitliche* und *spezifische* Wirkung der Hochgebirgskur bei diesen Affektionen zu hören. Bei der Behandlung von Krankheiten der Respirationsorgane handelt es sich in den seltensten Fällen um eine spezifische Beeinflussung der Atemfunktion. Nur wenige Krankheiten der Atmungsorgane schädigen den Organismus durch die Störung der Respiration, eigentlich fast nur die Affektionen, die durch Beeinträchtigung des Luftzutritts zu Erstickung führen wie die Stenosen der Luftwege. Solche Stenosen werden wenn möglich, durch chirurgische Eingriffe beseitigt, wo das ausgeschlossen ist, wie bei ausgedehnter kapillärer Bronchitis, handelt es sich um Fälle für die eine Reise ins Hochgebirge ohnehin nicht in Betracht kommt und die im übrigen im Verhältnis zu den Krankheiten der Respirationsorgane recht selten sind.

Die weitaus überwiegende Zahl der Krankheiten der Respirationsorgane schädigt den Körper nicht durch Beeinträchtigung der Atmung sondern durch die Wirkung auf andere Organe oder durch Allgemeinwirkungen. Katarrhe und Entzündungen werden durch die Infektion gefährlich, Tumoren durch die Kachexie usw. Außerdem spielt die Störung der Zirkulation eine wichtige Rolle. Die Affektionen der Respirationsorgane unterscheiden sich in dieser Beziehung von allen andern Organkrankheiten. Ueberall sonst besteht die Hauptgefahr einer Erkrankung darin, daß sie das betreffende Organ schädigt.

Die Sonderstellung der Erkrankungen der Respirationsorgane wird dadurch bedingt, daß die Atmung selbst sich von den meisten Lebensprozessen unterscheidet, indem sie einen rein physikalischen Vorgang, den Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft darstellt. Die Atmungsorgane haben also nur die Aufgabe, die Außenluft an die Membran heran zu bringen, durch die der Gasaustausch mit dem Blut in den Kapillaren erfolgen kann. Sie bestehen also nur in den zuführenden Röhren und den die Austauschmembran enthaltenden Alveolen.

Die gesamte Wandfläche der Alveolen also die Austauschmembran ist über ungeheuer groß etwa 90 m² und durch diese Fläche können in der Minute 6 Liter Sauerstoff diffundieren also 2½-mal mehr als je bei stärkster körperlicher Anstrengung beobachtet wurde oder 25mal mehr als bei Körperruhe eines gesunden Menschen geatmet wird. Wenn also 9/10 der respirierenden Fläche durch Krankheit zerstört ist so genügt der Rest noch für den Gaswechsel und eine so hochgradige Beschränkung der Alveolarwand durch Krankheit kommt kaum vor weil schon lange vorher der Tod eintritt und zwar durch Störung des Kreislaufs wenn nicht etwa die mit der Krankheit verbundene infektiöse Schädigung wie bei der Pneumonie dem Leben noch früher ein Ende gemacht hat.

Wir sind deshalb gewohnt, bei der Behandlung von Krankheiten der Atmungsorgane in erster Linie auf andere Funktionen als auf die Respiration einzuwirken und wir werden erwarten daß auch beim Hohenklime in erster Linie sein Einfluß auf den Stoffwechsel die Infektions- und Immunitätsvorgänge und den Kreislauf in Betracht kommt.

Dies schließt aber nicht aus daß die Veränderung der Atmung im Hochgebirge als unterstützendes Moment bei der Behandlung eine Rolle spielt. Wir müssen also *die Wirkungen des Hohenklimas auf die Respiration* kurz betrachten.

Wir können dabei absehen von den kürzlich mitgeteilten Befunden von Bayou. Dieser fand in den Lungen von Versuchstieren nach Luftverdünnung, die der Montblanchöhe entspricht Schwellung der Alveolarepithelien. Abgesehen davon daß die Versuche noch nicht nachgeprüft sind ist ihre Deutung noch zweifelhaft, und unter allen Umständen kommt beim Menschen in den therapeutisch angewandten Höhen etwas derartiges nicht in Betracht.

Die Atmung wird im Hohenklime in mannigfacher auch individuell verschiedener Weise verändert. Am meisten springt in die Augen daß bei der Mehrzahl der Menschen beim Uebergang in die Höhe schon bei 1000 bis 1500 m die Zahl der Atemzüge oft auch ihre Tiefe ansteigt so daß bei den meisten Individuen die Ventilation der Lungen vermehrt ist. Das scheint bei oberflächlicher Betrachtung sehr einfach. Wenn verdünnte Luft eingeatmet wird so ist das darin enthaltene Sauerstoffgewicht geringer also muß der Mensch tiefer atmen um in der Zeiteinheit gleich viel Sauerstoff aufzunehmen. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse viel komplizierter. Die Sauerstoffversorgung wäre auch ohne Erhöhung der Ventilation in nicht allzustarker Luftverdünnung genügend und häufig bleibt auch jede Vertiefung oder Beschleunigung der Atmung aus. Geregelt wird ja die Lungenventilation gewöhnlich gar nicht durch den Sauerstoff sondern durch die Kohlensäurespannung des Blutes. Die Kohlensäurespannung des arteriellen Blutes ist aber abhängig von der Kohlensäurespannung in den Alveolen und diese ist nicht identisch mit dem Prozentgehalt der Alveolarluft an Kohlensäure. Wenn ein Mensch in Meereshöhe in seinen Alveolen 5% Kohlensäure hat so beträgt deren Spannung 38 mm Hg. Atmet er in Dörfern in gleicher Weise so daß der Kohlensäuregehalt ebenfalls 5% beträgt so beträgt die Spannung dieser 5% nur 31,5 mm Hg also 6,5 mm weniger. Es wäre eigentlich zu erwarten daß die Lungenventilation herabgesetzt wird bis die Spannung der Kohlensäure wieder 38 mm Hg beträgt was bei 6% der Fall wäre. Statt dessen sehen wir daß bei der Mehrzahl der Menschen im Hohenklime die Atmung umgekehrt vermehrt wird also die Kohlensäurespannung in den Alveolen und somit auch im Blut herabgesetzt ist. Wir müssen also annehmen daß das Atemzentrum

auf eine geringere Kohlensäurespannung reagiert als im Tiefland. *Hasselbalch* und *Lindhard* glauben auf der Brandenburger Hütte (3290 m) *Rohrer* in Muottas Muragl (2456 m) eine Steigerung der Erregbarkeit des Atemzentrums in der Höhe nachgewiesen zu haben. *Lewy* ist dem gegenüber der Ansicht, daß es sich nicht um eine Steigerung der Erregbarkeit sondern um die Einwirkung von Reizen auf das Zentrum handelt und stützt sich dabei auf Versuche von *Barcroft*, die gegen eine Verschiebung der Erregbarkeitsschwelle sprechen. Jedenfalls ist in noch höhern Regionen die Erregbarkeit des Atemzentrums nicht gesteigert sondern herabgesetzt wie schon *Mosso* aus dem Auftreten der *Cheyne Stokes* Atmung geschlossen hat, die vielleicht einigen von Ihnen bei sich selbst oder bei andern in Höhen über 4000 m auch schon aufgefallen ist.

So viel ist sicher, daß im Höhenklima die nervöse Regulation der Atmung verändert ist, und zwar meistens im Sinne einer vermehrten Atmungsarbeit schon in der Ruhe. Noch starker und regelmäßiger ist die Vermehrung bei Muskeltätigkeit. Während des Aufenthaltes tritt aber Gewöhnung ein, und die Lungenventilation kehrt auf die Tieflandweite zurück.

Daraus können wir folgende therapeutische Schlüsse ziehen. Bei den zu Dyspnoe neigenden Patienten ist in der Verordnung von Höhenkuren große Vorsicht geboten und jedenfalls in den ersten Wochen jede Anstrengung zu verbieten. Umgekehrt ist das Hochgebirge bei allen Respirationskrankheiten angezeigt, bei denen wir eine Übung der Atemmuskulatur wünschen, doch ist in der spätern Zeit des Aufenthaltes die Verordnung von Körperbewegung notwendig und die gewünschte stärkere Muskelanstrengung ergibt sich bei nahe automatisch im Sommer durch die gegenüber der Ebene steilern Spaziergänge, im Winter durch Schneestampfen und Wintersport.

Diese Wirkungen des Höhenklimas auf die Atmung selbst spielen aber bei der Behandlung Respirationskranker im Hochgebirge eine verhältnismäßig geringe Rolle. Wichtiger sind, entsprechend dem was wir über die Therapie dieser Leiden gesagt haben, die andern Einflüsse des Hochgebirges. Da ergibt sich eine Reihe von Indikationen für die Behandlung von Krankheitsfolgen und von Komplikationen. Die Blutneubildung im Hochgebirge ist bei allen anämischen Respirationskranken nützlich, die Stoffwechselsteigerung (die ja meist durch den vermehrten Appetit kompensiert oder überkompensiert wird) mit ihrer Begünstigung des Eiweißansatzes bei Unterernährten und bei Rekonvaleszenten. Vielleicht ist auch die von uns gemessene Veränderung des Stoffwechsels der Ausdruck einer Umstimmung des Körpers, die von einer Hebung der Abwehrkraft gegenüber Infektionen begleitet wird, was aber noch kaum experimentell erforscht ist. Gewöhnlich spricht man schließlich von der „allgemein tonisierenden“ oder „roborierenden“ Wirkung des Höhenklimas. Wenn man mit diesen Worten einen bestimmten Begriff verbinden will, so kann es nur der einer Erhöhung des allgemeinen Tonus der Kraft oder der „Spannkraft“ sein, d. h. ein erhöhtes Lebensgefühl und eine gehobene Leistungsfähigkeit, also eine mindestens zum Teil nervös psychische Umstimmung des Individuums.

Daß sie im Hochgebirge eintreten kann, weiß jeder der hier einmal seine Ferien zugebracht hat, aber wissenschaftlich ist sie schwer zu analysieren und zu erklären. Zum Teil konnte sie auf der Stoffwechselwirkung des Höhenklimas beruhen. Sehen wir doch in allen Zuständen, die mit Eiweißansatz verbunden sind, ein gesteigertes Wohlgefühl in der Rekonvaleszenz von Infektionskrankheiten, bei der Ausbildung der Muskulatur durch vernünftigen Sport, bei der Erholung von Hunger und Unterernährung, am stärksten in der Rekonvaleszenz nach regelrechten protrahierten Hungerkuren (was übrigens nach meinen Beobachtungen die therapeutischen Erfolge solcher Hungerkuren bei gewissen Neurasthenikern vollkommen erklärt). Aber der Eiweißansatz allein genügt wohl nicht zur Erklärung, ja es ist möglich, daß direkte psychische Wirkungen noch wichtiger sind wie die ästhetischen Eindrücke der Gebirgsnatur, das Wohlbehagen in der strahlenden Sonne die erfrischende Kühle des Bergwindes usw. Neben diesen Einflüssen, die ja auch an andern Orten als im Hochgebirge sich einstellen können, ist auch eine spezifische Wirkung des Höhenklimas auf das vegetative Nervensystem oder auf die Drüsen mit innerer Sekretion denkbar wie Herr Bredl in seinem Vortrag ausgeführt hat. Dagegen kommt sicher außerdem noch eine Zirkulationsänderung in Betracht, die an dieser Tonisierung Anteil haben kann, die aber für die Respirationskrankheiten eine ganz besondere Bedeutung besitzt.

Viele Krankheiten der Atmungsorgane werden nur durch die *Störung des Blutkreislaufes* gefährlich. Erweiterung oder Schrumpfung der Lunge, jede Zerstörung von Lungengewebe führt bei genügender Ausdehnung zu einer Behinderung des Blutdurchflusses durch die Lungen zu vermehrter Arbeit des rechten Ventrikels, zu dessen Hypertrophie und schließlich Degeneration.

Können wir hoffen durch Hochgebirgskuren diese Störungen zu mildern oder müssen wir befürchten, sie zu verschlimmern?

Von den therapeutisch verwendeten Höhenlagen ist bisher nur festgestellt, daß die Pulsfrequenz in den ersten Tagen des Aufenthaltes recht oft ansteigt und daß die Muskelarbeit in der ersten Zeit eine größere Herzarbeit beansprucht als im Tiefland. Später tritt Gewöhnung ein. Ueber die genaueren Vorgänge sind wir noch ganz im unklaren. Auch über eine Änderung in der Verteilung des Blutes und über eine Beeinflussung des Kapillarkreislaufs wissen wir noch nichts. Und doch ist eine solche wahrscheinlich und ist jedenfalls dann vorhanden wenn die Haut unter dem Einfluß des Lichts gerötet wird. Das muß einen ähnlichen wenn auch schwächeren Einfluß auf die Zirkulation ausüben wie die Kohlensäurebäder.

Uebrigens kann man sich vorstellen, daß die Luftverdünnung direkten Einfluß auf Zirkulation hat, allerdings nicht im Sinne der alten auf prinzipiell falscher Basis beruhenden *Kronecker'schen Theorie* deren Unhaltbarkeit *Kronecker* selbst in seinen letzten Lebensjahren eingesehen hat, sondern in dem Sinne, daß man an eine Veränderung der physikalisch-chemischen Struktur der Gewebe und damit auch der Kapillare unter dem Einfluß verminderten Luftdruckes denken muß. Für ein so kompliziertes System kann es kaum

gleichgültig sein, ob es unter 750 oder 600 mm Druck steht. Herr Dr. *Neergaard* hat in der pneumatischen Kammer der Basler medizinischen Klinik darüber Versuche mit Hilfe des *Trendelenburg'schen* Froschpreparates angestellt. Die technischen Schwierigkeiten sind aber noch nicht überwunden, so daß wir bisher nichts über die Resultate aussagen können.

Nach dem, was wir bis jetzt über den Einfluß des Höhenklimas auf die Zirkulation wissen, müssen wir schließen, daß für Respirationserkrankungen mit leichten Kreislaufstörungen das Hochgebirge indiziert ist, dagegen für solche mit schwerer Insuffizienz kontraindiziert, und daß speziell in der ersten Zeit des Aufenthaltes eine genaue Regelung der Körperarbeit notwendig ist, was übrigens auch mit den Erfahrungen bei Herzkranken stimmt.

Wir haben bisher aus unsern physiologischen Kenntnissen die Indikationen und Kontraindikationen für die Behandlung der Krankheiten der Respirationsorgane abgeleitet. Die Entscheidung hat über die Empirie. Wenn wir jetzt die *Therapie der einzelnen Krankheiten* auf Grund der praktischen Erfahrung besprechen, so müssen wir leider feststellen, daß die Grundlagen für eine solche Besprechung noch recht mangelhaft sind. Wohl hat eine Reihe von Autoren, vor allem der leider so früh verstorbene *Staubli*, wertvolle Beiträge zu einer Kasuistik geliefert, aber einstweilen ist diese Kasuistik noch recht lückenhaft. Statistiken über die Häufigkeit der uns interessierenden Krankheiten oder gar über ihren Verlauf in der Höhe im Vergleich mit dem Tieflande liegen nicht vor (mit Ausnahme des Asthmas). Wir sind deshalb auf die spärlichen Angaben der Literatur, auf einzelne eigene Erfahrungen und auf zufällige Mitteilungen in derer Beobachtungen angewiesen.

Wenn wir mit den Erkrankungen der *obern Luftwege* beginnen, so ist in erster Linie zu erwähnen, daß bei der Ankunft im Hochgebirge recht oft ein Gefühl von Trockenheit im Rachen auftritt, das mehr oder weniger bald zurückzugehen pflegt. Diese Trockenheit, die eine selbstverständliche Folge des hohen physiologischen Sättigungsdefizits der Hochgebirgsluft darstellt und die übrigens den Wintern nicht unwillkommen ist, kann zu einer richtigen Pharyngitis sicca führen, die aber ebenfalls in der Regel rasch ausheilt. Nicht selten hört man die Behauptung einer relativen Immunität des Hochgebirges gegen Katarhe der oberen Luftwege. Ständige Bewohner von Höhenorten geben an, bei Besuchen im Tieflande regelmäßig an Katarrh zu erkranken. Es gibt aber auch Leute, die bei der Übersiedlung ins Hochgebirge einen richtigen Katarrh (nicht eine Pharyngitis sicca) bekommen. Endlich gibt es Personen, die davon überzeugt sind, daß ein Sommeraufenthalt in der Höhe sie für den folgenden Winter gegen Erkältungen weniger empfindlich mache. Das kann aber leicht durch unspezifische Wirkungen erklärt werden. Wenn jemand aus relativ menschen- und katartharmer Gegend in die Stadt kommt, wird er leicht infiziert und bei einem Hochgebirgs-

ufenthalt kann man sich erkalten man kann sich aber auch dabei recht gut abhärten Daneben konnten freilich noch Einflüsse in Betracht kommen, wie wir sie beim Asthma zu besprechen haben Jedenfalls empfiehlt es sich, es bei Patienten, die häufig an Schnupfen oder akuter Bronchitis leiden einmal mit einer Hohenkur zu versuchen eventuell in einem Kurort mit Mineralquelle Ähnliche Gesichtspunkte sind bei den *chronischen* Katarren der oberen Luftwege zu berücksichtigen Patienten mit trockener Rhinitis Pharyngitis und Laryngitis empfinden oft die Trockenheit der Luft im Hochgebirge unangenehm andere fühlen sich dort wohl Man kann sich sehr leicht vorstellen daß selbst bei trockenen Katarren das hohe physiologische Sättigungsdefizit der Hochgebirgsluft günstig wirkt Sie haben von Herrn *Hill* gehört welchen Wert er allen Maßnahmen beilegt durch die die Wasserabgabe bei der Atmung vermehrt und dadurch eine vermehrte Durchblutung der Schleimhäute mit konsekutiver antibakterieller Wirkung herbeigeführt wird

Sehr viel häufiger ist die Frage zu beantworten, ob man einen Patienten mit *chronischer Bronchitis* oder mit *Emphysem* ins Hochgebirge schicken soll Ich bespreche beide Krankheiten gemeinsam da sie meistens miteinander verbunden sind und möchte auch die *Bronchiektasien* hinzufügen Theoretisch ist keine besondere Heilwirkung des Hohenklimas zu erwarten bei schwerem Emphysem so gar ein ungünstiger Einfluß des Hohenklimas Tatsächlich sind Emphysematiker mit starker Dyspnoe oder mit ausgesprochener Herzinsuffizienz ungeeignet für Hohenkuren und auch Fälle ohne solche Symptome fühlen sich dort bisweilen gar nicht wohl wenn es sich um sehr trockene Katarre handelt Die meisten Fälle von chronischer Bronchitis empfinden einen Hochgebirgsaufenthalt angenehm und werden bisweilen entschieden gebessert Schon *Veraguth* und *Erich* *hoist* haben darauf hingewiesen und *Eqger* hat ihre Beobachtungen bestätigt und erklärt

Eqger erwähnt in erster Linie als günstiges Moment die Reinheit der Luft und ich möchte diese Erklärung für die Zeit der winterlichen Schneedecke uneingeschränkt gelten lassen Sonst ist die Reinheit der Luft im Hochgebirge nicht größer als in jedem andern Orte mit gleich großem Verkehr und gleichen Straßenverhältnissen Deshalb sind Bronchitiker nicht einfach ins Hochgebirge zu schicken sondern in einen Ort wo wenig Staub ist und wo Wald nicht nur in der Nähe der Ortschaft, sondern auch in der Nähe des Hotels sich befindet wie z B im Tenigerbad (Somvix, Grubunden) und an andern Orten Als weiteren günstigen Faktor erwähnt *Eqger* die all gemein roborigende Wirkung von der wir schon gesprochen haben Ich möchte dem noch die schon erwähnte Möglichkeit einer antibakteriell wirkenden Schleimhauthyperämisierung durch die trockene Luft und den Einfluß des Hohenklimas auf die Zirkulation beifügen Der Kreislauf von leichten Emphysematikern ist meistens darauf daß eine allzu strenge Ruhe nicht erwünscht dagegen eine gewisse

Körperbewegung und allmähliche Uebung zweckmäßig ist. Doch ist immer eine genaue Kontrolle der Muskeltätigkeit notwendig und eine ärztliche Ueberwachung um so dringender, je deutlicher Symptome von Herzinsuffizienz nachzuweisen sind.

Die besten Resultate sieht man bei verschleppten Bronchialkatarrhen jugendlicher Individuen. Aber auch alte Leute fühlen sich bisweilen recht wohl, und zeigen manchmal objektiv feststellbare Besserungen.

Es muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß bei Emphysem und Bronchitis im ganzen nur Sommer oder Herbstkuren in Betracht kommen, weil die Art von Muskeltätigkeit die für sie geeignet ist, nämlich das Spazierengehen, durch den Schnee doch wesentlich erschwert wird. Will man eine Winterkur verordnen, so schicke man die Kranken nur an große Kurorte wo viele Spazierwege gut gebahnt sind. Dazu rechne ich mit an erster Stelle Davos. Es gelingt oft, den Patienten das Vorurteil auszureden, daß die Gefahr einer tuberkulösen Infektion an einem Lungenkurort größer sei als anderswo. Sehr zweckmäßig ist es, Kranke mit Katarrhen der Luftwege an Kurorte mit Mineralquellen zu schicken die für solche Affektionen geeignet sind. Es gibt in der Schweiz eine ganze Reihe solcher Quellen im Hochgebirge. Ich erinnere Sie nur an die Gipsquellen des Ténigebades, von Vals, Platz und Andeer, an die Schwefelquellen der Lenk, vom Gurnigel, Serneus, Alvanen, Le Presse usw. Frankreich besitzt eine Reihe von Schwefelquellen in den Pyrenäen vor allem Cauterets.

Der Einfluß des Hohenklimas auf die Blutzirkulation ist zum Teil auch die Ursache für die günstige Wirkung des Hohenklimas, die wir oft bei *Lungenschrumpfung* infolge durchgemachter Pleuritis aber auch aus andern Ursachen sehen. Hier spielt aber vielleicht die vermehrte Lungenventilation eine noch größere Rolle. Ich möchte jedoch dringend davor warnen, solche Patienten ohne ärztliche Aufsicht zu lassen. Der anatomische Prozeß ist bei einer wirklichen Lungenschrumpfung derart, daß eine Wiederherstellung der normalen Struktur ausgeschlossen ist und daß übermäßige Atembewegungen leicht zu Emphysem und Bronchiektasien gesunder Lungenpartien führen kann. Auch bei einer Kompression der Lunge durch pleuritische Schwarten brauchen diese Zeit, um sich zurückzubilden und das anatomische Hindernis kann nicht durch Gewalt überwunden werden. Namentlich junge Individuen müssen also vor heroischer Ueberwindung ihrer unangenehmen Gefühle gewarnt und bei der Muskelarbeit überwacht werden. Bei der Rekonvaleszenz von Pleuritiden kommt noch die Gefahr des Wiederaufflackerns einer ruhenden Tuberkulose hinzu. Ueberhaupt spielt ja bei der Behandlung der Residuen der Pleuritis der Einfluß des Hochgebirges auf die zugrunde liegende Tuberkulose die wichtigste Rolle.

Sehr gute Resultate sieht man oft bei *Restexsudaten* von Pleuritis und bei schlecht ausheilenden operierten *Empyemen*. Die

Ergüsse resorbieren sich manchmal auffallend rasch, die Fisteln reinigen und schließen sich. Worauf das zurückzuführen ist, ist nicht immer leicht zu sagen. Die vermehrte Lungenventilation und eine etwa vorhandene Anregung des Blutkreislaufes erklären die Erfolge nicht. Wenn Sonnenbestrahlung durchgeführt wird, so ist wohl eine direkte Hyperämisierung der unter der Haut liegenden Teile bis zur Pleura anzunehmen. Außerdem kommen wir aber auch hier, wie bei der Tuberkulose, um eine antiinfektiöse Heilwirkung des Hohen Klimas nicht herum.

Von der *Pneumonie* ist schon behauptet worden, daß sie im Hohen Klima gutartiger verlaufe als im Tiefland. Ein Beweis für diese Behauptung liegt aber meines Erachtens nicht vor. Dagegen verläuft die Rekonvaleszenz sicher oft besser und rascher als in der Ebene, deshalb ist das Hohen Klima zu empfehlen in der *Rekonvaleszenz von Pneumonien* wie von allen Infektionskrankheiten überhaupt. Ich möchte hier speziell noch die Fälle von *subfebriler Temperatur nach Influenza* erwähnen. Ihre Ursache ist wohl keine einheitliche. In einem Teil der Fälle handelt es sich mit größter Wahrscheinlichkeit um die Aktivierung irgendeines tuberkulösen Herdes etwa in einer Bronchialdrüse. Wir müssen aber auch annehmen, daß oft Nekrosen in der Lunge zurückgeblieben sind und kleine Abszesse oder Bronchiektasen mit infiziertem Inhalt die Temperatur unterhalten. Wenn man viel Grippeektionen gesehen hat, so wundert man sich, daß nach der Heilung von Influenzapneumonie nicht viel öfter derartige Prozesse die Gesundheit stören. Auch unangeheilte Entzündungen von Lymphdrüsen im Thorax konnten vielleicht gelegentlich die Ursache bilden. Im einzelnen Falle ist es oft unmöglich zu sagen, weshalb die Temperaturen immer subfebril bleiben.

Wenn wir solche Patienten ins Hochgebirge schicken, so geht dort die Temperatur oft auffallend rasch zur Norm zurück, und die Kranken erholen sich in kurzer Zeit. Ich muß aber, um ehrlich zu bleiben, erwähnen, daß ich gleiche Erfolge auch schon von einem anderen Klima, das von dem immer noch etwas mysteriösen Klima wechsel überhaupt gesehen habe.

Eine ganze Reihe von Krankheiten der Respirationsorgane, wie die *Syphilis*, die *Aktinomykose*, die *Geschwülste* wird vom Hohen Klima in keiner Weise spezifisch beeinflusst. Doch kann trotzdem gelegentlich ein Aufenthalt in einem Hohenkurort für einen Kranken heilsam werden. z. B. wenn dort die Diagnose einer Lungensyphilis richtig gestellt wird. Ich habe den Eindruck, daß die Aerzte an Lungenkurorten seit einigen Jahren an Lungensyphilis häufiger denken und daher die Diagnose richtiger stellen als einstweilen noch die Kollegen im Tieflande.

Es bleibt uns jetzt noch eine Krankheit zu besprechen, bei der eine spezifische Heilwirkung des Hohen Klimas immer mehr anerkannt wird und jetzt auch unserem Verständnis näher gerückt ist, nämlich das *Asthma bronchiale*.

Schon vor langer Zeit haben Hochgebirgsärzte auf die günstigen Erfolge des Hohenklimas bei Asthma hingewiesen zuerst *Alexander Spengler* dann *Bernhard Nolda von Planta Lucius Spengler* und viele andere besonders auch *Staubli*. Staubli sagt darüber: Kaum auf irgend eine krankhafte Störung ist das Hohenklima von sichtbar so raschem und intensivem Einfluß wie auf das unkomplizierte Asthma jugendlicher Patienten. Mit dem Momente ihrer Ankunft oder binnen weniger Tage werden sie meist von den heftigsten Krisen befreit und bleiben während ihres ganzen Hochgebirgsaufenthaltes ganz davon verschont. Patienten die sich noch vor kurzem im Tieflande schwer von ihrem Leiden geplagt, umhergeschleppt hatten, leben psychisch und körperlich im Hochgebirge im wahren Sinne des Wortes auf und erlangen oft eine ungehobene Leistungsfähigkeit, die ihnen gestattet, gleich ganz Gesunden als Hochtouristen in den Schonheiten der Hochgebirgswelt zu schwelgen. Bei älteren Patienten, bei denen das Herz schon eine funktionelle Einbuße erlitten und Stauungsbronchitiden vorliegen sehen wir häufig die Besserung nur langsam im Verlaufe von Wochen eintreten. Zwar werden auch sie meist von Anfang an von den akuten heftigen Asthmakrisen befreit, dagegen bleiben sie oft längere Zeit in ihrer körperlichen Betätigung gehemmt meist infolge Auftretens von Herzklopfen oder Kurzatmigkeit. Mit der Zeit können aber auch solche Patienten vollständig gut sich erholen, die Funktion des Herzens bessert sich was sich im Verschwinden von evtl bestehenden Knochelschwellungen und Stauungskatarrhen bemerkbar macht. Es nehmen dann auch die chronisch dyspnoeischen Zustände ab und zusehends wächst die körperliche Leistungsfähigkeit. Ist einmal dieser Zustand erreicht, so bleiben diese Patienten in der Zukunft meist fast ganz von ihren asthmatischen Beschwerden befreit.“

Sehr deutlich geht der Einfluß des Hohenklimas aus der Summelforschung des Davoser Aerztevereins hervor, die von *Turban* und *Lucius Spengler* bearbeitet wurde. Bei dieser Gelegenheit wurde festgestellt daß drei Davoser Landschaftsärzte in den letzten 25 Jahren bei der einheimischen Bevölkerung keinen Fall von Asthma beobachtet hatten. An sich wurde das nicht viel beweisen gewonnen über an Bedeutung im Zusammenhang mit einer Beobachtung v. *Planta's*.

Dieser sah mehrere Kinder mit exsudativer Diathese die im Engadin geboren und aufgewachsen waren und dort nie an Asthma litten aber beim ersten Besuch im Tieflande Anfälle bekamen. Er erwähnt den Fall eines 5jährigen Knaben der von Geburt an exsudativer Diathese litt und bei einer Reise nach Chur (600 m) schon kurz nach der Ankunft Rachen und Pfeifen bei der Atmung bekam und nach einigen Stunden an heftigen Asthmaanfällen litt so daß er nach wenigen Tagen nach St. Moritz zurückgebracht werden mußte wo er noch ab und zu Anfälle hatte. Ein weiterer Fall betrifft ein 3jähriges Kind dessen Eltern das Kind wegen eines Kopfschmerzes aus dem Engadin nach einem 600 m hoch gelegenen Kurort brachten. Hier stellten sich nach einigen Wochen Asthmaanfälle ein und verloren sich wieder bei der Rückkehr nach St. Moritz.

Die Statistik von *Turban* und *Spengler* umfaßt 143 Patienten die mit Asthma nach Davos gekommen waren. Dort verloren 108 ihre Anfälle vollständig. Die Resultate waren aber verschieden je nach dem Lebensalter. 14 Kinder bis zu 10 Jahren wurden sämtlich asthmafrei. Von 53 Kranken zwischen 10 und 20 Jahren behielt nur einer die Anfälle zwischen 20 und 30 Jahren betragen die Heilungen noch 65,5% zwischen 30 und 40 Jahren 51,5% über 40 Jahre nur noch 44,4%.

Die Heilwirkung des Hohenklimas bei Asthma hat noch einige weitere Eigentümlichkeiten. Sie ist nicht proportional der Höhenlage, sondern tritt ziemlich unvermittelt bei einer Höhe gegen 1500 m auf und stellt sich bei einzelnen Individuen auch da noch nicht ein, sondern erst bei etwa 1800 m.

Schön bezeichnend ist die Selbstbeobachtung *Staubli's*. Er wurde 17jährig als Pneumonie-Reconvaleszent nach Arosa geschickt, sollte aber in 1100 m eine Zwischenstation machen. Hier traten heftige Asthmaanfälle auf, aber trotzdem wurde die Reise nach Arosa unternommen und hier verschwanden die Anfälle vom Moment der Ankunft an, um während des folgenden 7jährigen Aufenthaltes nie mehr wieder zu kehren.

Etwas anders verhielten sich die 5 holländischen Asthmatiker, die *Storm van Leeuwen* in die Schweiz mitbrachte. In Basel (270 m) war ihr Zustand wie in Holland. 2 fühlten sich in Ragaz (500 m) etwas wohler, in Vulpera (1260 m) deutlich wohler, in Davos (1600 m) be-schwerdefrei, wenn auch nicht ganz so wohl wie in St. Moritz (1800 m). Der dritte befand sich erst in Davos wohler und erst in St. Moritz nach 24 Stunden wie ein normaler Mensch.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Hohenklimawirkung beim Asthma besteht darin, daß in der Regel keine Heilung erreicht wird. Wohl gibt es einzelne Asthmiker, die nach der Rückkehr ins Tiefland lange Zeit von Anfällen verschont bleiben oder bei denen die Krankheit nachher wenigstens eine zeitlang milder verläuft, es gibt aber auch solche, bei denen das Leiden sofort nach der Heimreise ja sogar schon unterwegs wieder mit der alten Heftigkeit einsetzt, bis weilen in der ersten Zeit mit ungewohnter Stärke.

Bis vor zwei Jahren hatte man für dieses Verhalten des Asthmas im Hochgebirge gar keine *Erklärung*, so daß ich früher geneigt war, die Wirkung vorzugsweise in der Beeinflussung des *Nervensystems* in der Entfernung aus der gewohnten Umgebung, in der Suggestion zu vermuten, wie ich überhaupt die Asthmaanfälle als rein nervös auffaßte. Daß ein nervöses Moment eine wichtige Rolle spielt, ist ja bekannt und wurde von *Strubing* bewiesen, indem es ihm gelang, bei Normalen durch die Nachahmung der asthmatischen Atmung typische Anfälle zu erzielen, ja sogar einen Gesunden für mehrere Monate zu einem typischen Asthmiker zu machen. Es gibt ja auch Aerzte, die behaupten, alle Patienten durch Psychoanalyse vom Asthma heilen zu können. Daneben sind *Reizzustände in den Respirationorganen* von Bedeutung und dazu ist nun als drittes und vielleicht wichtigstes Moment die chemische Umstimmung des Körpers, die *Überempfindlichkeit* gekommen.

Schon 1873 hat *Blackley* das Heufieber als Ueberempfindlichkeit gegen Gräserpollen erkannt, und bald nach der Entdeckung der Anaphylaxie durch *Richt* wurde nicht nur das Heufieber, sondern das Asthma überhaupt, das ja in einzelnen Fällen durch chemische Stoffe, wie *Ipecacuanha*, *Ursol*, die Luft von Pferdeställen usw. ausgelöst wird, in Beziehung zur Anaphylaxie gebracht. Amerikanische Autoren haben nun seit einigen Jahren mit Hilfe von Kutanimpfungen diese Ueberempfindlichkeit festzustellen gesucht, und *Chandler Wacker* fand bei 48% der Asthmatiker eine positive Reaktion gegen über bestimmten Substanzen die er als Antigen betrachtete. Pferde schuppen, Hundehaare, Gänsefedern, Hühnereier, Zwiebeln, Schweinefleisch, Bakterienextrakte kurzum alle möglichen „Proteine“ wurden als auslösendes Agens erkannt. Als ich von diesen Untersuchungen las und mir Extrakte verschaffen konnte, sah ich zu meiner Betrübnis, daß keiner meiner Asthmatiker eine positive Reaktion auf die Prüfung (nach der Art der Pockenimpfung) zeigte. Auch die genaueste Anamnese vermochte nichts von bestimmten, auslösenden Gelegenheiten auszuquetschen, außer etwa den Geruch von Schimmel bei Patienten, die aber auch sonst Anfälle bekamen. Später habe ich dann mit Genugtuung erfahren, daß auch in Holland, Deutschland, Norwegen und andern Ländern die positiven Reaktionen bei der Skarifikation selten sind, daß aber bei der intrakutanen Injektion jeder Asthmatiker gleich auf mehrere selbst mehrere Dutzend Proteine überempfindlich ist, so daß man erst recht nicht weiterkommt. *Storm van Leeuwen* hat an 300 Patienten in Holland gezeigt, daß dort die spezifische Ueberempfindlichkeit sehr selten ist, daß aber sozusagen alle Asthmatiker eine allgemeine Ueberempfindlichkeit zeigen, besonders gegen den Extrakt der menschlichen Kopfschuppen und daß 85% überempfindlich sind gegen Substanzen, die in der Luft und im Hauserstaub der Gegend enthalten sind. Brachte er solche Kränke in ein hermetisch verschlossenes Zimmer, das nur mit filtrierter Luft ventiliert wurde, so waren sie beschwerdefrei, um sofort wieder Anfälle zu bekommen, wenn er unfiltrierte Luft einblies.

Deshalb lag für *Storm van Leeuwen* der Gedanke nahe, daß die Substanz, die in Holland, und zwar in verschiedenen Gegenden in wechselnder Menge in der Luft vorhanden ist, im Hochgebirge fehlen konnte. Zur Prüfung dieser Frage brachte er, wie erwähnt 1923 drei Asthmatiker in die Schweiz, und als sie in Davos bzw. St. Moritz frei von allen Erscheinungen waren, brachte er dem einen, der gegen mit Milben infizierten Hafer überempfindlich war, solchen Hafer in den Bereich der Einatemungsluft mit dem Erfolg, daß sofort ein Asthmaanfall auftrat. Hautreaktionen mit Staubextrakten aus Basel, Lugano und Ragaz waren fast so stark wie in Holland, mit solchen aus Vulpera, Davos und St. Moritz nur schwach. *Die asthmogene Substanz, die in Holland besonders reichlich ist, wurde also von einer gewissen Meereshöhe an fehlen.* Ihre Natur und Herkunft konnte *Storm van Leeuwen* nicht definitiv feststellen. Er dachte an Tiefe

und Schimmelpilze und fand in der Schweiz tatsächlich weniger Hefe und *Penicillium glaucum* als in Holland, aber die Unterschiede zwischen den einzelnen Schweizerorten sind zu gering, um diese Vermutung zu bestätigen

Durch das Fehlen der asthmogenen Substanz erhält vielleicht das Schlagwort der Reinheit der Luft im Hochgebirge eine wirkliche Berechtigung und es erscheint mir möglich daß die Menschen, die behaupten die Reinheit der Hochgebirgsluft zu fühlen und hier besser atmen können nicht nur die Kühle und Trockenheit empfinden, sondern tatsächlich eine Erleichterung der Atmung erfahren. Denn auch bei nicht asthmatischen Gesunden kann die „asthmogene“ Substanz Reizungen vielleicht auch Schleimhautschwellungen hervorrufen. Jedenfalls aber erzeugt sie bei einzelnen Menschen statt Asthma Katarrhe der oberen Luftwege und das erklärt wohl auch die früher erwähnte günstige Wirkung des Hohenklimas bei einzelnen Patienten mit solchen Krankheiten

Die Theorie *Storm van Leeuwens* hat also viel Bestechendes und verdient nachgeprüft zu werden. Sie kommt freilich nicht für alle Fälle in Betracht

Storm van Leeuwen selbst fand in Holland 85% seiner Asthmiker „klimaempfindlich“. Bei den übrigen 15% ist keine Wirkung des Hohenklimas zu erwarten. In andern Ländern ist der Prozentsatz dieser refraktären Fälle vielleicht noch größer. Hier sind vielleicht andere Ueberempfindlichkeiten oder rein nervöse Störungen Ursache des Asthmas. Ich habe Fälle gesehen bei denen ein Aufenthalt in der See bessere Resultate zur Folge hatte als eine Hochgebirgskur, offenbar weil an der See weniger Muskulararbeit geleistet wurde, die ja für manche Asthmiker schädlich ist

Aber selbst wenn wir den Eindruck haben daß andere Momente im Vordergrund stehen, können wir einen Versuch mit dem Hochgebirge machen. Die Ursachen kombinieren sich häufig. Es muß Fälle von schwacher Klimaempfindlichkeit geben, die an sich nicht zur Entstehung von Asthma genügen würde die aber dazu führt, daß nervöse Erregungen das Asthma auslösen. Selbst in folgenden Fällen ist das möglich

Im Lauf einiger Jahre habe ich 2 Patientinnen wiederholt in der Klinik beobachtet, von denen die Ursache des Asthmas zuerst nicht klar war

Beide verloren bei den ersten Spitalaufenthalten ihre Anfälle prompt später nicht mehr. Ich habe deshalb einer nach der andern einen längeren Aufenthalt in Samaden verordnet. Beide waren dort anfallsfrei und erhielten sich glanzend aber beide bekamen auf der Rückreise in Zürich wieder einen Anfall und gingen schließlich an Asthma und Emphysem zugrunde. Nachträglich erfuhren wir daß bei beiden das Asthma ursprünglich die Folge davon gewesen war daß sie statt des Mannes den sie liebten einen andern geheiratet hatten. Bei der einen war der erste Anfall wenige Tage nach der Hochzeit aufgetreten bei der andern erst als ihr Liebhaber den sie neben dem Manne beibehalten hatte sie verließ

Hier kann man das Verschwinden der Anfälle und ihr Wiedererscheinen nach der Rückkehr rein psychisch erklären, einen Einfluß der Hochgebirgsluft aber auch nicht in Abrede stellen. Ein solcher ist *neben psychischen* Momenten im folgenden Fall anzunehmen.

Ein Lehrer, der in Basel an schwerstem Asthma litt und auf der Klinik immer schlimmer wurde, wurde nach Samaden geschickt. Hier war sein Zustand zuerst sehr schwer; er mußte im Krankenhaus behandelt werden, erholte sich aber allmählich, wurde anfallsfrei und nahm schließlich eine Stelle in einem Erziehungsinstitut im Hochgebirge an. Als er aber wieder Schule hielt, kehrten die Anfälle wieder und er mußte die Stelle aufgeben.

Wenn wir einen Asthmiker ins Hochgebirge schicken, müssen wir die Fluchtigkeit des Erfolges von vornherein berücksichtigen. Allerdings ist es für viele Kranke schon eine Wohltat, wenn sie vorübergehend von ihren Qualen befreit sind. Eine Pause, in der sie wirklich aufatmen können, hilft ihnen den Rest des Jahres durchzuhalten. Für sehr schwere Fälle bleibt schließlich nur dauernde Niederlassung im Hohenklima übrig. Für die andern Fälle hat *Storm van Leeuwen* einen einleuchtenden Vorschlag gemacht. Er versuchte eine unspezifische Sensibilisierung und wählte dazu das Tuberkulin. Die Behandlung wird aber im Tiefland immer wieder von den Anfällen durchkreuzt. Durch die „asthmogene“ Substanz wird der Körper allmählich sensibilisiert, bis der Anfall kommt, und dieser führt eine Desensibilisierung herbei. Dieser beständige Wechsel kann eine richtige Dosierung des Tuberkulins unmöglich machen. Dagegen läßt sich eine solche im Hochgebirge in der anfallsfreien Zeit durchführen. Es ist sehr zu wünschen, daß der Vorschlag befolgt wird. Es wird sich dann zeigen, ob die Voraussetzungen stimmen.

Zum Schluß noch ein Wort über die *Sonnenkuren* bei Erkrankungen der Respirationsorgane. Die Sonnenbestrahlung im Hochgebirge stellt gewissermaßen die größte Potenzierung der Klimawirkung dar. Sie ist deshalb da angezeigt, wo wir eine energische Einwirkung wünschen und für erlaubt halten, sie ist da verboten, wo wir möglichste Schonung für notwendig erachten. Sie ist umso berechtigter, je mehr sich der Zustand des Patienten dem des Gesunden, des Prophylaktikers, des vorgeschrittenen Rekonvaleszenten nähert. Sie darf aber auch da angewandt werden, wo wir eine energische Klimawirkung wünschen, aber stärkere Körperbewegung kontraindiziert ist, also bei gewissen Emphysematikern, Rekonvaleszenten mit geschwachten Herzen usw. Hier kann sie die Resultate der Klimawirkung erheblich verbessern.

Ich glaube Ihnen gezeigt zu haben, daß nicht nur bei Lungentuberkulose, sondern auch bei den andern Erkrankungen der Respirationsorgane das Hohenklima viele Erfolge haben kann. Ich glaube auch, daß weitere Forschung und weitere Erfahrung die Resultate noch verbessern, die Indikationen noch erweitern kann. Den Weg dazu weisen die neuen Erkenntnisse und therapeutischen Vorschläge beim Asthma bronchiale. Er liegt nicht in der Richtung der Behand-

lung durch das Hochgebirge, sondern der Behandlung im Hochgebirge

Hier stoßen wir aber auf einen empfindlichen Mangel, und ich mochte mit einer Anregung und mit einem Wunsche schließen

Die Behandlung im Hochgebirge läßt sich in vielen Fällen im Hotel einfach nicht richtig durchführen, sondern nur in einem *Sanatorium*. Nun besitzen wir eine Fülle von ausgezeichneten Sanatorien für Tuberkulose, aber noch recht wenige für andere Krankheiten und von diesen wenigen haben sich einzelne während des Krieges in der Richtung nach dem Luxushotel entwickelt. Ich habe mir schon dadurch geholfen, daß ich Patienten mit nicht tuberkulösen Erkrankungen der Atmungsorgane in Lungensanatorien geschickt habe. Aber ein Idealzustand ist das nicht. Nun haben auch die Herren *Michaud*, *Löffler* und *von den Velde*n auf die Notwendigkeit ärztlicher Ueberwachung und sorgfältiger Diät hingewiesen. Wir brauchen also für alle nichttuberkulösen Erkrankungen, nicht nur der Respirationsorgane Sanatorien im Hochgebirge, und zwar in verschiedenen Höhenlagen und für verschiedene Ansprüche. Erst dann läßt sich der therapeutische Wert des Höhenklimas voll ausschöpfen. Nachdem jetzt wieder normalere Zustände herrschen ist zu hoffen, daß die Ansätze zu einer Sanatoriumsbehandlung nichttuberkulöser Krankheiten im Hochgebirge, die vor dem Kriege vorhanden waren, weiter entwickelt werden. Möge die reiche Forderung, die die Erforschung und therapeutische Verwertung des Höhenklimas von dem Institut in Davos und auch von unserer Tüchtigkeit erfahren hat auch in dieser Hinsicht anregend wirken.

- - - - -

Wert klimatischer Kuren für die Rekonvaleszenz

Von Professor Dr. Reinhard von den Velden Berlin

Das mir gestellte Thema *Der Einfluß des Höhenklimas auf die Rekonvaleszenz* ist trotz seiner überragenden praktischen Bedeutung nur vereinzelt Gegenstand exakter tier- und klinisch experimenteller Untersuchungen gewesen. Wohl findet man im Schrifttum zerstreut Angaben allgemeiner und spezieller Natur über dieses Gebiet, sie stehen aber schon rein zahlenmäßig in einem gewissen Kontrast zu dem großen Bedürfnis, über diesen Punkt Aufklärung zu bekommen. So sehe ich heute und hier meine Aufgabe darin, nur eine Skizze dieser Frage zu geben, und dabei nicht so sehr von dem Standpunkt des Experimental Pathologen, sondern vielmehr als klinischer Arzt zu Ihnen zu sprechen. Sie werden sehen, daß sich eine Menge von Problemen auftun werden, die ihrer Lösung noch harren, und an denen zu arbeiten wir alle, insonderheit das Institut in Davos, berufen sind. Ich werde mich an vielen Stellen auf die inhaltsreichen Darbietungen der vergangenen Tage beziehen können, die uns über den Einfluß der einzelnen klimatologischen Faktoren auf gesunde und kranke Lebewesen unterrichtet haben.

So eigentümlich es klingen mag, der Begriff der *Rekonvaleszenz* ist noch recht wenig fixiert, und wir müssen damit beginnen, uns darüber klar zu werden, was wir eigentlich unter Rekonvaleszenz zu verstehen haben. Es handelt sich hier um eine Zusammenfassung aller jener Zustände, bei denen nach den verschiedenartigen und gradigen Krankheitsursachen ein morphologischer und funktioneller Wiederaufbau mit dem Ziel der Erreichung optimaler Zustände erstrebt wird. Betrachten wir zunächst das einfache klinische Bild der Rekonvaleszenz nach einer schweren Infektionskrankheit. Die Infektion ist vorüber. Angriffe der Bazillen und ihrer Gifte, wie der zerstörten Organe sind nicht mehr zu befürchten, und es handelt sich nun darum, den eingerissenen Bestand an Körpersubstanz wieder aufzubauen, die Funktionen wieder herzustellen, aber nicht allein die direkte Einwirkung, die sogen. primäre Schädigung durch das krankmachende Agens kommt bei der Entstehung der Störungen in Betracht, sondern auch sekundäre, tertiäre usw. Effekte, und es braucht hier nur daran erinnert zu werden, daß z. B.

die Nebenwirkung einer Infektion auf das endokrine System zu Folgerungen führen kann, die noch unberechenbar lang den Wiederaufbau in ungünstigem Sinne beeinflussen. die Rekonvaleszenz also aufzuhalten vermögen

Wenn man nun hierbei allein die Wirkung des schädigenden Moments im Auge hat, so wird man die Verhältnisse der Rekonvaleszenz nie richtig erfassen können, denn es spielen auch hier eine ausschlaggebende Rolle die *Konstitution* und vor allem, was wir bei allem konstitutionellen Betrachtungen heute als selbstverständlich ansehen die Verhältnisse des endokrinen Systems, mit andern Worten die Blutdrusenformel. Um es kurz zu bezeichnen, können wir den Zustand der normalen Funktion in der sogen. Gesundheit die *Eubiose* nennen. Wir gelangen durch den Einfluß der verschiedensten krankmachenden Momente in ein Stadium, das wir als *Dysbiose* bezeichnen können und wenn der Organismus auf diese Weise dauernd in einen andern, meistens krankhaften Zustand gekommen ist, so kann man von *Allobiose* (*Heubner*) sprechen. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir die Zustände in der Rekonvaleszenz zunächst als *dysbiotisch* bezeichnen als Veränderung der Konstitution, so daß also eine vollkommen andere Organisation besteht, als sie vor der betreffenden Krankheit vorlag. Die Hauptfrage ist nur immer ob diese Konstitutionsänderung die natürlich sowohl günstig wie auch ungünstig für den Betroffenen sein kann, eine dauernde ist, so daß wir also eine Allobiose, eine Funktionseinstellung auf vollkommen veränderter Basis, womöglich einen irreversiblen Zustand vor uns haben, oder ob wir den früheren vor der Krankheit bestehenden morphologischen und funktionellen konstitutionellen Eigenheiten wieder zu steuern können, dann wäre der Zustand reversibel, rekonvaleszenzfähig.

So erscheint uns dieses etwas verschwommene Gebiet der Rekonvaleszenz unter einer festen Umgrenzung. Man darf aber nicht denken, daß diese veränderte Konstitution allein durch schwere Infektionen hervorgerufen wird, es gibt noch eine Menge anderer Momente, die in demselben Sinne wirken. Viele endogene und exogene schädigende Ursachen können zu derartigen Umstellungen führen, wobei besonders der Einfluß operativer Eingriffe hervorgehoben sei. Wie selbst aseptische Operationen, auch wenn sie ohne Narkose ausgeführt werden, in mancher Richtung auf den Organismus umstimmend einwirken, haben uns ja die experimentellen Untersuchungen von *Burger*, *W. Lohr* u. a. objektiviert. Man muß aber noch weiter gehen und kann in den Angriffen des täglichen Lebens, in den physikalisch-chemischen Einwirkungen der Umwelt derart umstimmende Zugriffe auf unsere Konstitution sehen, diese konstitutionellen Veränderungen nach mehr oder weniger langdauernden psychischen und physischen Insulten sind wenigstens in ihren Anfängen Ermüdungszustände, die einer Erholung zustreben, einer Rekonvaleszenz mit oder ohne ärztliche Behandlung bedürfen.

Diese Ausführungen können mit einer gewissen Berechtigung als noch zu wenig präzise man könnte beinahe sagen als unwissenschaftlich bezeichnet werden. Das muß zugegeben werden. Ich sagte ja schon daß die experimentelle objektivierende Erfassung dieser konstitutionellen Umwertung die Festlegung veränderter Funktionen in dieser Hinsicht noch im Argen liegt, und es kann heute nicht meine Aufgabe sein Ihnen hier das weit verzweigte Gebiet der funktionellen Diagnostik in dieser Richtung aufzuzeigen. Es werden uns überdies dadurch auch nur Bilder augenblicklicher Zustandsänderung aber leider nicht die gesuchten absoluten Indikatoren der veränderten Reaktionsfähigkeit gegeben und weniger noch wird uns die Frage beantwortet werden können in welcher Weise der weitere Umbau und Aufbau im Einzelfall verlaufen wird. Doch möchte ich Sie darauf verweisen daß uns die physikalisch chemische Betrachtung des Problems in dieser Hinsicht fördern kann. *H. H. Meyer* hat diese Frage kürzlich in Beziehung zu den eigentümlichen Einflüssen der umstimmenden Proteinkörpertherapie vom pharmakologischen Standpunkt aus erörtert und wir können auch für unsere Zwecke diese kurze Beschreibung der *zellularen Umstimmung* gebrauchen.

Die physikalisch chemische Struktur der Zelle wird durch den Angriff eines Antigens stark verändert. Das ist nicht nur eine theoretische Deduktion. Die Untersuchungen der *Straub*schen Schule haben uns dafür objektive Zahlen gegeben. Der Erfolg dieser veränderten Zellstruktur ist eine vollkommen veränderte Reaktionsfähigkeit. Es tritt eine Sensibilisierung ein die jedoch nicht allein gegenüber dem sensibilisierenden Antigen sondern auch ganz allgemein unspezifisch vorhanden ist. Es wirken also nicht nur kolloidale Substanzen sondern alle möglichen Einflüsse die die Zellgrenzschicht treffen können. Veränderungen in der Blutzusammensetzung, Einflüsse der vegetativen Nerven usw. sind in diesem Sinne ebenfalls als Reize anzusehen, die von dem ganz andere Angriffs- und Reaktionsflächen bietenden sensibilisierten Zellsystem auch ganz anders beantwortet werden. Es ist also ein vollkommen verschobenes Niveau vorhanden das auf der einen Seite eine *Überempfindlichkeit* ein frühzeitiges und überstarkes Ansprechen auf sonst unterwertige Reize und eine qualitativ ganz andere Verarbeitung dieser Reize in sich birgt, auf der andern Seite aber auch eine oft auffällig schnelle *Fischopfbarekeit* zeigt. Diese Dinge sind uns ja alle mehr oder weniger aus der Klinik geläufig und bei der Therapie sehr wohl zu be-
denken.

Der tierische Organismus ist also durch eine Krankheit, welcher Natur sie auch sein mag, entweder an sämtlichen Zellen oder wie sehr wahrscheinlich, nur an gewissen Zellsystemen in diesem eben besprochenen Sinn sensibilisiert. Dadurch, daß diese Beeinflussung nicht überall gleich stark ist, daß die Individualkonstitution diese Sensibilisierung im Einzelfall und auch hier wieder an den verschiedenen Organgebieten sich ganz verschieden auswirken lassen kann

macht natürlich das Bild beim Menschen äußerst komplex. Zweifellos kommt es hier sehr häufig zu anaphylaktischen Zuständen auf der einen Seite, anderseits wieder zu Desensibilisierungen. Das Auge des Klinikers kann natürlich nur teilweise die Resultate dieser verschiedenen Partialkonstitutionen und Partialkonvaleszenz erkennen.

Die *Hauptsymptome*, die sich dem Arzte in der Rekonvaleszenz zu erkennen geben, sind Gewichtsabnahme, Muskelschwäche, Blutarmut, verminderte Leistungsfähigkeit in körperlicher und geistiger Hinsicht, Darniederliegen der verschiedensten vegetativen Funktionen unter ganz besonderer Hervorhebung der Störungen am Kreislauf, weniger am Herzen als an den peripheren Gefäßen. Der Gleichgewichtszustand im vegetativen Nervensystem ist stark gestört, das sieht man nicht nur an den Erfolgsorganen des Kreislaufes, des Magenkanals usw., sondern auch im Stoffwechsel, Ausdehnung, Zusammensetzung, Stärke und Dauer dieser Rekonvaleszenz-Dysbiose ist ganz verschieden. In Tagen kann es schon ohne besonderes Zutun zu einer Rückkehr in eubiotische Zustände kommen. Manchmal jedoch sieht man, daß diese „Dysbiose“ sich trotz der verschiedensten therapeutischen Maßnahmen nicht in Wochen, sogar nicht in Monaten beheben läßt. Es bleibt ein allbiotischer Zustand, der mehr oder weniger stark in die klinischen Bilder der pluri-glandulären Insuffizienz einwirken kann. Sicher spielt ja die Veränderung des sekretorischen Systems hierbei eine wichtige Rolle, ohne daß sie sich klinisch gleich deutlich zu zeigen braucht.

Haben wir nun in aller Kürze die Zustandsänderung gezeichnet, die sich bei allgemeiner Betrachtung der Rekonvaleszenz am menschlichen Organismus zeigt, so erhebt sich die weitere Frage, wie mit der *Therapie* hier anzugreifen ist. Zweifellos findet die *Wiederherstellung* und zwar wie es in dem Wort schon durch das „con“ sehr richtig bezeichnet worden ist, die *Zusammenführung der funktionellen Kräfte* in den meisten Fällen ohne nütliches Zutun allein geleitet durch den Instinkt des einzelnen oder seiner mehr oder minder einsichtsvollen Umgebung statt. Befande sich jeder derartige Rekonvaleszent im Besitz eines vernünftigen Instinktes, so wäre gegen diese Eigenleitung nichts einzuwenden. Das ist aber bei der Mehrzahl der Fälle nicht so. Es bedarf der in seiner Konstitution geänderten meist der nützlichen Leitung, und es wird immer noch zu leicht übersehen, daß dieser sogen. zweite Teil der Krankheit bezw. ihrer Behandlung für den Arzt mindestens ebenso wichtig ist als die erste Hälfte, die „eigentliche Krankheit“, die häufig nicht nur vom Patienten als die wesentliche betrachtet wird. Natürlich muß zuerst ermittelt werden, ob das krankmachende Moment bereits ganz ausgeschaltet ist, ferner wie weit überhaupt durch eine Therapie die verschiedenen Veränderungen wieder zum Verschwinden gebracht werden können. Das kann hier im einzelnen nicht aufgezählt werden. Es sei nur darauf verwiesen, daß hier weniger das Gebiet der organ-spezifischen Arzneimittel ist, als vielmehr der unspezifischen, sog. Leistungs-

steigernden Therapie, die sich „omnizellular“ auswirkt, oder anders ausgedrückt, eine Therapie, die sich diejenigen Partien des Körpers nutzbar macht, welche sich in dem Stadium der veränderten Reizbarkeit, also der oben besprochenen Sensibilisierung befinden. Hier ist das Hauptanwendungsgebiet der *physikalischen Therapie* hier können wir auch mit der *Proteinkörpertherapie* zugreifen, und hier ist eben das Gebiet, wo uns die *klimatologischen Faktoren* insbesondere das *Hohenklima* therapeutische Erfolge bescheren, die wir sonst nicht erreichen können.

Selbstverständlich gilt für diese Therapie, wie für jede andere auch, der Hauptgrundsatz, daß man ein anspruchsfähiges Gewebe hat. Weder der ausgesprochene Zustand der Ueberempfindlichkeit noch der einer sofort eintretenden Erschöpfbarkeit ist für das Hohenklima in der Rekonvaleszenz geeignet. Kachexien, dekompensierte Zustände am Kreislauf, an den Nieren usw. schwerste organische Veränderungen an den Blutgefäßen, an der Leber und Ähnliches sind natürlich vollkommen ungeeignet. Sie bieten eine absolute *Kontraindikation*. In vielen andern, auch leichtern Fällen wird man die Hausbehandlung oder die einfachsten klimatischen Faktoren im Tiefland, weiter im Mittelgebirge, an der See usw. erst einwirken lassen müssen, ehe man den Patienten dem Hohenklima übergibt. Hier muß dann unter scharfster ärztlicher Kontrolle in individuell angepaßter Reihenfolge langsam mit der Zufuhr der verschiedenen Reizfaktoren vorgegangen werden. Die experimentellen Untersuchungen von *Kestner Loewy* und ihren Schülern geben uns ja die Möglichkeit an die Hand, in scharfer Abstufung Strahlung, Temperatur, Sauerstoffarmut usw. auf den Kranken zur Einwirkung kommen zu lassen. Daß man sich dabei auch der Diätetik, gewisser ärztlicher Maßnahmen der Bäder usw. in Kombination mit den Faktoren des klimatischen Heilplatzes bedienen kann, ist klar, erhöht anderseits aber auch die Möglichkeit ungünstiger Wirkungen und kann nur unter verantwortlicher Führung eines Arztes stattfinden.

Man muß es allerdings zuweilen erleben, daß selbst bei richtiger Indikation und bei genau dosierter Verabfolgung der klimatischen Faktoren Fehlschläge eintreten. Das hängt damit zusammen, daß besonders bei der Klimatherapie das psychologische Moment im Einzelfall besonders bei den Störungen der Rekonvaleszenz, äußerst schwierig in richtiger Weise in Rechnung gestellt werden kann. Es ist notwendig, daß man nicht nur bei einer klimatischen Kur die bekannten Faktoren einwirken läßt, sondern der Arzt muß es auch verstehen als Persönlichkeit einen derartigen Einfluß auf den Patienten auszuüben, daß er auch in dieser Hinsicht in optimaler Weise auf den Rekonvaleszenten einwirkt. Es darf also nicht schematisch vorgegangen werden, und wenn wir auch absolute Indikationen und Kontraindikationen für gewisse Klimata und bestimmte Krankheiten, insbesondere bestimmte Rekonvaleszenzzustände kennen

so korrigiert die Praxis doch zuweilen unsere theoretischen Ueberlegungen

Gehen wir nunmehr auf die einzelnen Faktoren über die als Heilfaktoren für das Rekonvaleszenzstadium im Hohenklima in Betracht kommen, so darf ich auf die von berufenster Seite (*Loewy*) gegebenen Ausführungen verweisen und will mich nur auf das wesentlichste beschränken *Luftdruckveränderung* in Abhängigkeit hiervon die *Sauerstoffarmut Strahlung Temperatureinwirkungen* besonders die *Kalte* (hierzu gehören auch die Winde) und nicht zum letzten die *Landschaft (Hellpach)* sind die für unser therapeutisches Streben hauptsächlich in Betracht kommenden Momente

An dieser Stelle möchte ich selbst wenn ich schon von Andern Gesagtes wiederhole, auf einige Punkte hinweisen Die Beeinflussung des *Stoffwechsels* ist eingehend studiert und gerade für unsere Erfordernisse sehr bedeutungsvoll Es fängt schon an mit einer *Hebung des Appetits* Jeder Klimawechsel, namentlich die Nordsee und das Hohenklima, steigern das Hungergefühl in ausgesprochenster Weise, ohne daß wir genau wissen, an welcher Stelle des komplexen Vorganges „Appetit“ der Angriff erfolgt (*v. Dürig*) Das Darniederliegen des Appetits ist ja bei vielen verschleppten Rekonvaleszenzen ein Hauptsymptom, das mit Stomachica Verordnung und Diät nicht immer behoben werden kann Ueber die Beeinflussung der Verdauungssafftatbestand, die ja auffallend lang auf ein Minimum herabgedrückt sein kann (siehe z. B. beim Typhus *R. v. d. Velden* [Vater]) haben wir noch keine bestimmten Angaben Daß es sich bei der Stoffwechselbeeinflussung hauptsächlich um *Erwerßansatz* handelt, ist für den Wiederaufbau sehr wesentlich Man kann diesen Effekt des Hohenklimas durch individuell zu dosierende vorsichtige Muskeltätigkeit vertiefen Wenn auch dabei die Art der Nahrung keine ausschlaggebende Rolle spielt so sollte man doch z. B. in den Hotels auf die Art der Ernährung *aller* Erholungssuchenden, d. h. also in weitestem Sinne der Rekonvaleszenten, mehr Rücksicht nehmen durch Abkühlung von den fleischüberladenen, qualitativ und quantitativ falsch eingestellten „Vergiftungs“ Mahlzeiten! Daß das Körpergewicht bei dieser Stoffwechseländerung durchaus kein Maß für den wirklichen Aufbau zu sein braucht, bedarf keiner weiteren Ausführungen

Das weitere hervorragende Symptom der Hohenklimawirkung ist der Einfluß auf das *hamatopoetische System* das ja besonders leicht durch die verschiedensten Krankheitsursachen geschädigt wird und — ein sehr feiner Indikator einer allgemeinen oder auch nur speziellen konstitutionellen Schwäche — auffallend lang in der Rekonvaleszenz konstitutive wie qualitative Defekte bei der Untersuchung des Hämoglobingehaltes, der Zellen, der Polychromasie und auch der prozentualen Zusammensetzung des weißen Blutbildes zeigt, ein Zeichen daß noch immer ein dys- oder sogar ein allobiotischer Zustand vorliegt Man braucht hier nicht immer daran zu denken daß

noch ein latenter Heid aktiv oder daß eine schwere regenerationsische Schädigung der Blutbildungsstätten aufgedeckt ist, es gibt auch eine ganze Menge leichter dysbiotischer Erscheinungen die unbedingt eines energischen therapeutischen Zugriffs bedürfen, um nicht von dem Markstein dieser betreffenden Krankheit in eine allgemeine, insonderheit hamatologische Allobiose zu zeigen. Gerade hier ist der Reiz des Hohenklimas beinahe unersetzlich. Mag es nun die Wirkung der speziellen Sauerstoffarmut sein, mögen unspezifische Leistungssteigerungen durch Wirkung eigener Körperzerfallsprodukte oder mag schließlich die geweckte endokrine Komponente die Hauptrolle spielen, Tatsache ist, daß wir im Tiefland oft mit *Kuhn'scher Maske*, Erweiß oder Blutinjektionen, Organtherapie usw. als den „Tiefland ersatzmaßnahmen“ der oben angeführten Hochlandeffekte nicht zum Ziele kommen. Die Experimente haben erwiesen, daß anamische Menschen und Tiere besonders schnell im Hohenklima regenerieren (*Fggers u. a.*)

Ich wies schon darauf hin, daß zweifellos in jeder Krankheit das hochempfindliche *endokrine System* besonders leicht, schnell und leider auch anhaltend Störungen erleiden kann und daß zweifellos durch diese Belastungsprobe latente Schwachen hier wie auch in andern Systemen manifest gemacht werden. Es sind weniger grobkriekretogene Krankheitsbilder (manchmal allerdings Anklänge in pluriglanduläre Störungen) in der Rekonvaleszenz als vereinzelte mehr oder weniger deutlich hervorspringende Symptome, bei deren Entstehung die fast stets und überall mitwirkende endokrine Komponente eine betonte Rolle spielt. Wir stehen hier noch im Anfang unserer Kenntnisse. Doch soll an dieser Stelle darauf verwiesen sein, um so mehr als wir ja annehmen dürfen, daß klimatische, insbesondere hohenklimatische Faktoren (Sauerstoffarmut, Strahlung usw.) (*Asher, Mansfeld*) Reize für das endokrine System an einer seiner Hauptstellen (vegetatives Nervensystem — Drüsen — physikalisch-chemische Gewebsstruktur) darstellen können. Ich verweise auf *Biedl's* Ausführungen und möchte nur daran erinnern, daß von Störungen im Menstruationszyklus berichtet wird und daß erfahrene Kliniker den Einfluß des Hohenklimas mit den Erscheinungen der Pubertät vergleichen, eine sicher richtige Beobachtung die allerdings nicht selten das therapeutisch erwünschte Maß überschreitet und den Wiederaufbau stören kann.

Es ist wohl sicher daß den Hauptauschlag bei klimatischen Wirkungen die Reaktion des *vegetativen Nervensystems* gibt, mag man es als System für sich betrachten, oder was wohl besser ist, in seinen engen wechselseitigen Verbindungen mit dem Blutdrüsen-system und seinen Erfolgsorganen. Auf welche Weise diese klimatische Einwirkung zustande kommt ist in dieser Stelle nicht zu untersuchen. Hierher gehört der Hinweis auf die große Labilität des vegetativen Nervensystems in der Rekonvaleszenz und hier liegen auch soviel Imponderabilien bei der praktischen therapeutischen Verwir-

tung klimatologischer Tatsachen für den Einzelfall. Hier liegt die Wurzel für günstige und ungünstige Effekte auf alle vegetativen Funktionen, und auch hier deckt uns oft die Reaktion in der Rekonvaleszenz die „Tiefenpersonlichkeit“ erst auf. Namentlich sind es ja wenn nur ein Punkt hervorgehoben werden soll, die kardiovaskulären nervösen Störungen, insonderheit die vasomotorischen Verhältnisse. Man kann es an der Hautdurchblutung, Schweißbildung und an der Gesichtsfarbe u. a. m. sehen, erfährt es aber oft viel mehr noch aus den subjektiven Angaben der Patienten (die sich meist schlecht objektivieren lassen) über Durchblutungsstörungen der verschiedensten Gefäßbezirke. Erscheinungen, die sich wie meist zunächst im Hohen Klima verschlechtern können, dann aber bei vernünftiger Schulung bis auf das individuell konstitutionelle Optimum heben lassen.

Hier sei gleich der wichtige Punkt der hohenklimatischen *Kreislaufbeeinflussung* in der Rekonvaleszenz angefügt. *Michaud* hat Ihnen ja das wesentlichste über Kontraindikationen gesagt und vor allem betont, daß noch eine viel zu große Angst vor der Höhe besteht. Ein Teil dieser Rekonvaleszenzstörungen ist von mir schon oben bei den vegetativen Neurosen gestreift. Hier soll nur der immer wieder auf fallende Heileffekt bei der Rekonvaleszenz im Involutionalter hervorgehoben sein. Viele sogenannte Arteriosklerotiker können nirgends so gut valszieren als in dem ihnen adäquaten Hohen Klima. Mag hier das endokrine Moment, mag die partielle Sauerstoffarmut oder die Leistungssteigerung an den Kapillaren wirken, jedenfalls liegt hier die Hauptstelle der Wirkungsmöglichkeiten. *Kroghs* Untersuchungen haben uns viel Licht in die Betrachtung der Gewebsdurchblutungen und ihrer Abhängigkeit von vielen Faktoren gebracht. Wir müssen vom klinischen Standpunkt aus *Loewy* recht geben, wenn er bei der Besprechung der Sauerstoffarmutwirkung nicht nur das Sauerstoffbedürfnis (s. *P. Ehrlich*) bestimmter Gewebe, insbesondere bestimmter nervöser Zentralapparate, sondern auch die Gefäßversorgung als sehr wichtiges Moment hinstellt und z. B. damit gewisse Formen der Hypertonie im mittleren und hohen Alter in Klönex bringt. Ich bin nur der Meinung, daß wir hier nicht immer in dem groben anatomischen Begriff der Arteriosklerose haften bleiben dürfen. Für uns handelt es sich um funktionelle dysbiotische Zustände an und in den Kapillärwänden, um kolloid chemische Alterationen (siehe oben), um eine Angioendotheliose (wenn man eine Bezeichnung nehmen will), die im jungen und am alten Gefäß sein kann und die reversibel ist, ein erfolgreicher Angriffspunkt namentlich für die hohenklimatischen Faktoren.

Ein Wort noch über den *Respirationstrakt*. *Stæhelin* hat hier alles Wissenswerte gebracht. Die tiefere Atmung, die bessere Lüftung der Lunge, belebt atelektatische Partien und hilft Verwachsungen dehnen und lösen. Restikaturrhe verschwinden usw. Daß gerade hier eine vorsichtige, erfahrene Leitung nötig ist, sei nochmals hervorgehoben.

In ganz kurzen Strichen habe ich die Möglichkeiten der Wiedererstarkung gezeichnet, eigentlich nur an die Wiederherstellung der gestörten Funktion denkend. Wie weit der Einfluß auf das Bindegewebe gleichzeitig eine Vernarbung, Einkapselung usw. der zerstörten Gebiete, eine Beseitigung verschieden genetischer Entzündungsherde veranlassen kann, bleibe hier unbesprochen.

Nur andeutungsweise sei nochmals hervorgehoben, was schon an verschiedenen Punkten meines Vortrages zum Ausdruck kam, daß wir bestrebt sein müssen, vor allem das *psychologische* Moment richtig einzuschätzen und vor allem bei der Therapie richtig durchzuführen. Es liegen schon interessante psychologische Untersuchungen an Kindern, die dem Nordseeklima ausgesetzt wurden, vor.

Was macht nun das Hohenklima abgesehen von alledem, was schon gesagt wurde, besonders geeignet für unsere Zwecke? Es ist einmal die Möglichkeit, fast an alle Behandlungsstellen technisch leicht zu gelangen, fast überall entsprechende Stätten zu finden und vor allem an keine Jahreszeit gebunden zu sein. Man wähle aber die Zeit, die man zur Wiederherstellung braucht, auf keinen Fall zu kurz. Wir hängen alle im Unterbewußtsein an dem vierwöchigen Urlaub. Das mag bei regenerationsfähiger Konstitution für die *einfache Ermüdungsrekonvaleszenz* eben genügen. Wenn man die Erstarkung „fühlt“ dann beginnt sie erst, dann rechnet man noch einige Wochen und beziehe die langsame Umklimatisierung in das Tiefland, in das Arbeitsmilieu, vor. Hier werden tagtäglich die grobsten und dummsten Fehler gemacht. Vermeidet man sie, dann kann man wirklich konstatieren, wie eine konstitutionelle Veränderung morphologisch und funktionell zustande gekommen ist, am deutlichsten merkt man es in der Jugend und wir besitzen schon Beobachtungen an unserer armen nachkriegsgeknechteten Großstadtjugend, die in ihrer Entwicklung durch mehrmonatlichen Aufenthalt an der Nordsee einen „Ruck“ bekommt (*Kestner Haberlin*). So kann man die Konstitution formen, so kann man Rassen verbessern. Das ist die wahre Rekonvaleszenz dysbiotischer und leider schon zum Teil allobiotischer Völker und Gesellschaftsklassen.

Ich bin am Schluß und weiß wohl, daß ich den meisten keine neuen Tatsachen bringen konnte. Es erweist sich aber die alte Lehre als zu Recht, daß die alltäglichen Dinge, die man vielleicht sogar mit einer gewissen Geringschätzung behandelt sieht, für praktische und theoretische Überlegungen reichlich Gelegenheit bieten, wenn man sie unter dem Gesichtswinkel neuer Forschungen und der von ihnen abgeleiteten Lehren betrachtet. So geht es auch mit dem praktisch so ungeheuer wichtigen Gebiet der *Rekonvaleszenz*. Hier ist noch viel, sehr viel zu arbeiten, und ich bin dankbar dafür, daß mir der Vortrag Gelegenheit gegeben hat, in dem Kreise erfahrenster Kollegen über diese Fragen zu sprechen und Probleme aufzuzeigen.

Diskussionsbemerkungen zur Klinisch-therapeutischen Abteilung

Die Menschenseele in der Alpennatur

Nach einem öffentlichen Vortrage
von Staatspräsidenten Prof. *Hellpach* Karlsruhe¹⁾

— —

Der Gefahr, dies unermeßliche Thema in dilettantischem Gerede zerfließen zu lassen ist nur durch strengste Selbstbeschränkung vorzubeugen. Drei Grundbeziehungen des beseelten Menschen zur alpinen Natur sollen besprochen werden. Wir nennen sie der Reihe nach die ökumenische, die sportliche, die restitutive — m a W wir wollen von der Wesensart des Alpenbewohners, von der des Alpinisten und von der des Erholungsuchenden Kenntnis nehmen.

1. *Die Aelpler*. Alle romantischen Vorstellungen (Tellfiguren, Defregger'sche und selbst Anzengruber'sche Typen) sind natürlich auszuscheiden. Die Alpenbevölkerungen deutscher Zunge (und das ist die überwältigende Mehrheit) sondern sich in zwei große Halften, die bayrisch-österreichische und die alemannisch-schweizerische. Die erstere ist ausgesprochen künstlerisch begabt, Volkstanz, Volksgedicht, Volksgesang, Zitherspiel, Theaterspiel, Geigenbau u. a. sind in ihren Wohnsitzen zu Hause, es ist kein Zufall, daß 3 so eminente Theaterdichter des vorigen Jahrhunderts wie Anzengruber, Grillparzer und Schönbacher österreichischen Stammes sind, während die Schweiz keinen namhaften Vertreter dieser Gattung erzeugt hat, sondern im Gegensatz dazu die großen realistischen Erzähler wie Gotthelf und Keller ihr eigen nennt. Der schweizerische Aelpler ist wesentlich praktisch befangen, man möchte sagen nicht theatralisch sondern prosaisch, seine große Leistung liegt auf dem politischen und geschäftlichen Gebiete, gerade dort, wo es dem bayrisch-österreichischen Aelplertum an Erfolgen mangelt. Wie erklären wir uns diesen Tatbestand? Man hat die Konfession zur Deutung heranziehen und die stärkere geschäftlich-politische Einstellung der protestantischen Welt, deren größere Nüchternheit der phantasihaften, mehr gefühlsmäßig-künstlerischen des Katholizismus gegenüberstellen wollen. Daran mag sicher etwas sein, doch scheint es, daß die katholischen Urkantoner im großen Ganzen doch auch die allgemein-

¹⁾ Da der Vortrag ohne Manuskript in freier Rede gehalten wurde, können wir hier nur einen von Herrn Staatspräsidenten Hellpach uns freundlichst zur Verfügung gestellten Auszug bringen.

schweizerischen Zuge tragen und den bayrisch österreichischen Alpenbewohnern nicht etwa ähneln, weil sie gleich diesen katholisch sind. Wir stoßen eben hier doch auf die Stammesfrage, die eines der größten Rätsel unter den ethnologischen Problemen darstellt. Der Vortragende kommt nach einem allgemeinen Ueberblick über den Tatbestand der Stämme in Deutschland zu folgendem Resume: die Stämme sind nicht etwa Unterabteilungen der Rasse, denn in ihnen sind die drei europäischen Hauptrassen (manche nehmen vier an) miteinander gemengt und vermischt, unter den Aelplern gibt es nordische, alpine, mediterrane und dinarische Typen bunt durcheinander. (Defregger malt die Männer gern nordisch oder dinarisch, die Madel alpin. er ruht damit unbewußt vielleicht Konstitutionsfragen an, die seit Kretschmers bahnbrechendem Buch über Körperbau und Charakter uns alle vielfältig beschäftigen). Die Entstehung der Stämme liegt ganz im vorgeschichtlichen Dunkel, die Erhaltung und Umbildung der Stammeseigenschaften aber ist nach den Forschungen des letzten Jahrzehnts wohl sicher eine Wirkung der naturalen und sozialen Umweltfaktoren. Einflüsse physischer und Eindrücke psychischer Art, ununterbrochen von Kindheit an wirksam, haben eine ungeheure Modellierungskraft, so wenig wir etwa *alle* einzelnen solcher Einflüsse und Eindrücke bis heute überschauen. Der Vortragende geht in dieser Stelle namentlich auch auf die Frage der Landschaftswirkung beim Aelpler ein. Das Verhältnis des Alpenbewohners zu seiner Umwelt ist zwar eminent praktisch, das bedeutet aber beim naiven Menschen nicht dasselbe wie util, rein nützlich. Der naive Mensch empfindet und erlebt auch fromme, religiöse, mystische, aber gläubische Dinge durchaus praktisch, naiv und nicht sentimentalisch reflektierend. Gerade darum sind diese Erlebnisse um so stärker, wenn auch unbewußt seelenformend beim naiven Menschen. Beim Aelpler aller Gegenden bemerken wir nun als seelischen Zug, der übrigens in gewissem Maße allen Bergbewohnern eignet, eine lebhaft anschauliche Phantasie, die sich auch beim schlichten Volke in einer für unsere Begriffe großartig bildlichen Ausdrucksweise kundtut. Dazu tritt ein eigentümliches gehaltenes Pathos des Sprechens, das beim Österreicher mehr ins Theatralische, beim Schweizer mehr ins Lebhafte hinüberspielt. Die hohe Anschaulichkeit dürfen wir wohl ebenso wie das Pathetische als Ergebnisse des Lebens in einer großartigen, die Phantasie reich nährenden, ja herausfordernden Natur deuten. Immer muß man sich aber bewußt sein, daß der naive Mensch, also auch der Aelpler, die Erlebnisse nicht rezeptiv aufnimmt, sondern sich stets aktiv mit ihnen auseinandersetzt wie sein Alltag es mit sich bringt. Dies ist sehr wichtig im Unterschied vom zweiten Typus, den wir zu würdigen haben.

2. *Der Alpinist* sucht die verlorene Naivität im Zusammenleben mit einer grandiosen Natur künstlich, sportlich sich wiederzuholen, indem er mit dieser Natur spielerisch ringt, nicht in der Alltagsnot ringt, wie der Bewohner. Wo er nicht überhaupt bloß Rekordleistung,

Abenteuer sucht (aber dies darf man wohl als eine entartete Form des Alpinismus bewerten) dort sucht er das Pathos der großartigen Einsamkeit die künstlich heraufbeschworene Gefahr indem er sich in der übersteigerten Form der Natur zum Ringen mit ihr stellt und sich ihr gegenüber behauptet Dies kann man als das stärkste ethische Verhältnis des beseelten Menschen zur Natur das wir kennen bezeichnen Es wird mit ihr gerungen bis zur Erschöpfung ja bis zur Selbstopferung ohne daß dafür eine äußerliche Not vorliege—in diesem Sport liegt bei aller natürlichen Gefahr des Kraftmeiertums, des sportlichen Fanatismus dennoch eine Keuschheit und ein Adel an die keine andere Sportsart heranreicht Zu den immer rasender um sich greifenden rassistischen und nazistischen Sportformen deren Inhalt nur noch das brutale Niederwerfen eines Gegners und das Kokettieren (Protzen) mit der eigenen Körperlichkeit ist bildet der Alpinismus ethisch ein wohlthatiges Gegengewicht alles auch das Leben einsetzen, nur um das Erlebnis der höchsten Erhabenheit zu erlangen, dem Kletterer dabei aber wenns nützt unter eigenem Lebenseinsatz zu helfen Es ist in vielen Augenblicken die stärkste ethische Hochspannung die wir in unserer Zeit außerhalb des kriegerischen Heroismus überhaupt kennen

3 *Der Erholungsuchende* läßt nun diese ethische Spannung gerade bewußt zu Hause! Er will ethisch entspringen sein, sich nur hingeben, aufnehmen, ein wohliges Spielzug der alpinen Einflüsse und Eindrücke sein Der Begriff *Pathos* gewinnt in ihm seine ursprüngliche Bedeutung als „Leiden“ wieder, sie sind alle diese Erholungsuchenden, im leichtesten Grade leidend — *pathologisch*, nicht *pathetisch* Leidend im leichtesten Grade, das heißt *müde* statt *müde*, berufsmüde mitmenschenmüde, alltagsmüde pflichtenmüde Umgebung und Leistung sollen radikal gewechselt werden Dieser Radikalismus des Erholungsbedürfnisses ist ein immer typischer gewordener Zug im Erholungswesen unserer Zeit der dem Aufsuchen der Alpen der alpinen Erholung mächtig Vorschub geleistet hat Denn man sucht eben die allerhöchsten Höhenlagen, weil man in ihnen die stärksten erholenden *Einflüsse* vermutet, und man sucht die großartigsten Szenarien, weil man die stärksten *Eindrücke* für die Erholungskraftigsten hält Das heute stadterwimmelnde Engadin, in dem noch vor einem Menschenalter ein Nietzsche die Einsamkeit suchte und fand, ist das klassische Zeugnis dieses Wandels Was über findet die müde Seele in Wahrheit in der Alpennatur?

Machen wir uns das im Ausspruch eines Erholungsbedürftigen klar der mir einst sagte ich suche leichte frische reine und klare Luft Er findet leichte“, nämlich verdünnte Luft er findet die Konstante des verminderten Luftdrucks um so stärker in je größeren Höhen er seine Erholung sucht Er findet frische“ d. h. kühlere und bewegte Luft findet eine bessere Luftzusammensetzung als in seiner Fabrikstadt wenn es sich dabei auch um recht winzige Unterschiedsbeträge handelt die stärkere und geradere Strahlung gibt

ihm die Gewißheit der Luftklarheit Erfahrungsgemäß ruft dies alles zusammen eine lebhaftere Reaktion hervor die im wesentlichen eine erregende Note hat, die Stimmung hebt sich, wird „euphorisch“ manchmal bis zu einer Art Hohenrausch der Schlaf leidet oft, ist kurzer und unruhiger, trotzdem ist die subjektive Frische am Tage größer, es macht sich eine gesteigerte Unternehmungslust geltend, Wanderlust, unverwundlicher Tatendrang alles Zeichen einer oft hoch gradigen motorischen Erregtheit die sich dann auch ins Unangenehme steigern, Gereiztheit Unruhe Zwangsdenken, Schwindel und Zittern mit sich führen kann. Das Problem, wie diese Wirkung psychologisch zustandekommt ist nun leider noch immer ganz unaufgeklärt. Die Zeiten wo man einen Faktor, z. B. die Vermehrung der roten Blutkörperchen dafür ausschließlich in Anspruch nahm, sind überwunden, aber die Theorien der sachkundigen Forscher gehen weit auseinander, welches die entscheidenden Atmosphärien und welches die entscheidenden Angriffspunkte im Organismus für diese Atmosphärien seien. Zuletzt hat die Strahlung sehr große Beachtung gefunden, aber es ist bezeichnend, daß z. B. *Kestner* die Strahlungswirkung schon wieder in eine Luftzusammensetzungswirkung auflösen mochte und daß wir jetzt aus *Loewy's* Munde nur Grund sorgfältiger Forschungen eine erneute Reaktion gegen diese Bevorzugung der Strahlung zugunsten der Luftdruckwirkung gehört haben. Der Vortragende bespricht diese Kontroversen an einer Auswahl von Beispielen und Zitaten. Vermutlich liegt die Wahrheit im Kompromiß, d. h. die mannigfachen Änderungen der atmosphärischen (und vielleicht auch terrestrischer) Elemente beim Aufstieg ins Hochgebirge setzen dem Organismus zu greifen an den verschiedensten Stellen des Organismus an und beeinflussen damit Physis und Psyche. Empirisch können wir nicht warten, bis die theoretischen Kontroversen ausgetragen sind, und man muß sagen, es ist heute schon eine ganze Fülle empirischer Einsicht da, die weit über die landläufigen Laienvorstellungen betr. der Hochgebirgswirkung hinausgeht und eine recht rationelle Dosierung der Ratschläge erlaubt. Namentlich die *Dynamik* der Einwirkung verdient größte Aufmerksamkeit. Wir haben 3 Reaktionsstufen zu unterscheiden. Die Eintrittsreaktion bezeichnet den Vorgang der *Inklimation* der im Unterschied zur Akklimation, d. h. der dauernden Einstellung des Organismus auf ein neues Klima, die rasche Umstellung darstellt, diese Reaktion kann sehr heftig sein und geradezu unter dem Bilde des Eintrittsrausches vor sich gehen. Sie geht über in die gemäßigte Aufenthaltsreaktion, die durch die äußerlichen Aufenthaltsbedingungen oft zu kurz ausfällt und jedenfalls durch subjektives Wohl befinden ohne allzustarke Euphorie gekennzeichnet sein sollte, doch bleibt der Schlaf bei zahlreichen Menschen im Hochgebirge dauernd mangelhaft. Die Nachreaktion, der Deklimation und Reklimation folgend stellt den eigentlichen Kurerfolg dar, sie kann sehr spät deutlich werden, manchmal erst Wochen nach der Heimkehr.

(das berühmte „Weihnachtsgeschenk“ der alten Badeärzte!), sie ist im Durchschnitt nach relativ kurzen Aufhalten im Höhenklima kraftig frühzeitig aber nicht sehr nachhaltig (nach Seeaufhalten leiser, schleichender, aber langer vorhaltend) Dabei sei beachtet, daß die Reaktionen sich auch nach den Naturellen richten, es gibt überhaupt zwei verschieden reaktive Vitalitäten, eine frühreaktive und eine spatreaktive, z B auch auf Gemutsbewegungen, Heimsuchungen aller Art Diese personelle seelische Artung will bei der Auswahl von Erholungskuren ebenfalls gekannt und gewürdigt sein! Unter diesen Gesichtspunkten werden wir die *objektiven* atmosphärischen Erholungsfaktoren in konstante und variable Reize des Klimas zu sondern haben, konstant ist der Luftdruck des Hochgebirges, variabel sind etwa Wind und Strahlung, sie können und sollen durch künstliche Vorrichtungen bewußt, mutiert, dosiert und geschaltet werden, wie dies Hallen Fenster (Glas verschluckt bekanntlich fast die ganze ultraviolette Strahlung!), vor allem auch durch Alleen, Park und gepflegten Wald möglich wird Ein hygienisch geforsteter Wald ist eines der vollkommensten und natürlichsten Reizmutatoren, die es gibt Dornow hat uns gezeigt wie sehr auch durch die Wahl der Jahreszeiten die klimatischen Reize einschließlich der Strahlung dosierbar und mutierbar sind Auf einen Kurfaktor mochte ich aber noch aufs eindringlichste hinweisen es hängt unter Umständen fast scheidendes davon ab, ob man die Reize passiv rezipiert oder sich aktiv mit ihnen auseinandersetzt! Wandern, Bergsteigen, Sammeln, Zeichnen, Photographieren ja selbst das harmlose Blumenpflücken und Briefeschreiben bieten Möglichkeiten der Aktivierung des Kurlebens, die für die Verarbeitung und Bewältigung, damit auch für die Einwirkung und Nachwirkung der alpinen, wie aller klimatischen Erholungsreize von der größten Tragweite werden können Die Lenkung des Erholungsuchenden nach dieser Richtung hin kann geschehen durch eigentliche Therapie, aber auch durch persönliche Lebenskunst, die aus Erfahrungen klug wird, oder durch Pädagogik, zum Beispiel bei Gemeinschaftswanderungen, die in dieser Hinsicht, durch eine rationelle Erziehung zur rechten Erholung im Gebirge Gutes stiften konnten Ganz besonders gilt dies auch für die Bewältigung der *Eindrücke* die die Alpennatur darbietet Sie werden ja gesucht als Kontrast zum Alltag, zur Ablenkung und Betaubung von ihm — und darum geschieht im Aufsuchen der stärksten Eindrücke des Guten heute so oft zu viel Sie sollten mehr ausgewählt werden im Sinne einer Erhöhung des Alltags und einer Wiederstärkung für den Alltag, denn Besinnung und Festigung sind auf die Dauer wichtiger als Ablenkung und Betaubung Gerade hier wird darum die aktive Erarbeitung auch des landschaftlichen Genusses der Alpen szenerie so wesentlich gegenüber dem bloßen passiven Sich Hingeben in die großartigsten Eindrücke Die psychologische Differenzierung der Individualitäten wird hierbei natürlich noch wichtiger als bei den klimatischen Einflüssen, und gänzlich irrational Es sollte nur nicht

übersehen werden, daß die moderne Technik, die das Erreichen der höchsten Regionen innerhalb weniger Stunden so erleichtert hat, auch die Gefahr dieses passiven Einschluckens der stärksten Reize klimatischer wie landschaftlicher, enorm steigert und daß dieser Gefahr entgegengewirkt werden muß

Der Vortragende schloß seine Betrachtungen tiefe Erkenntnis steht ahnend oftmals gerade im Eingang von Epochen die sich neue Lebensgebiete und Lebenswerte erobern Den Generalnenner alles des hier Besprochenen finden wir vielleicht am schönsten ausgedrückt in den berühmten Versen von Klopstocks Ode an den Zürcher See Hier empfinden wir die hymnische Hingegenheit der Sinne in den Zeilen „Schon ist Mutter Natur, deiner Erfindung Pracht auf die Fluren verstreut“ — dann aber reckt sich das Gedicht in herrlicher Steigerung zur tatigen Bewältigung des großen Alpenerlebnisses auf

Schoner ein froh Gesicht das den großen Gedanken deiner Schöpfung noch einmal denkt“

Les études glaciologiques en Suisse

Par le Prof Dr *P L Mercanton* Lausanne delegue de la Societe
helvetique des Sciences naturelles

La vraie raison de ma venue a Davos n'était pas d'ajouter peu de chose a la profusion de vos communications, mais bien d'apporter aux savants ici reunis et aux organisateurs de ce congres d'abord le salut confraternel et cordial de la Societe helvetique des Sciences naturelles, le puissant groupement national que j'ai l'honneur de représenter au sein du Conseil de l'Institut de recherches

Sans doute l'activite principale de la Fondation relevant de la medecine et de la therapeutique climatique, ce ne peut être vers elle directement que va l'interet des naturalistes suisses et cela se comprend, mais a l'Institut de recherches est relie un observatoire unique en son genre en Europe, la creation du Prof *Dorno* dont le moins qu'on puisse dire est qu'elle est tout a fait remarquable et telle que nous autres Suisses sommes fiers de la posseder sur notre sol et il me plait singulierement de pouvoir, moi Suisse romand, lui dire ici toute notre admiration et notre reconnaissance

Le conferencier fait alors un expose sommaire de l'organisation et du programme des études glaciologiques en Suisse¹⁾ Il examine tour a tour l'alimentation et l'ablation du glacier soit le bilan economique de cet appareil. L'étude de l'alimentation est le sujet de la nivometrie laquelle se fait par le moyen des echelles nivometriques fixes des balises mobiles des totalisateurs de précipitation

La dissipation se mesure par l'emergence de perches par le réjaugeage du torrent glaciaire L'orateur souligne en passant l'importance de recherches directes sur la radiation solaire absorbee par le glacier Le role de la pluie de l'evaporation et du vent doit être élucidé encore

L'état du glacier crue decrue ou stationnement est fonction des deux facteurs alimentation et dissipation dont les relations reciproques sont complexes d'autant que le glacier ne livre pas immédiatement a celle-ci les ressources reçues de celle-là L'ablation agit surtout au bas du glacier l'alimentation au haut et il en résulte le transport physique de masses de

¹⁾ Nous ne reproduisons ici qu'un résumé de la conference de M. Mercanton donne par l'auteur lui même les observations sur lesquelles elle est basée ayant été publiees dans les variations periodiques des Glaciers des Alpes Suisses rapports annuels créés par F. A. Forel quarante cinquième rapport 1924

l'aboutissement a l'aval soit le mouvement du glacier manifestation unique et combien interessante de la deformation graduelle d'une masse homogene et quasi isotherme sous l'effet de son propre poids Sujet d'etude ardue mais combien passionnante

Les variations des glaciers en etendue resultat du bilan variable de l'alimentation et de l'ablation glaciaires sont l'objet d'un controle regulier et tres developpe en Suisse sous l'impulsion agissante de la Commission des Glaciers de la SHSN

Le conferencier enumere les methodes employees reperege topographique arpentage photographie aerienne stereoscopie mesure de la coulée frontale de la glace par le cryocinemetre etc

Tout ceci indique dans les grandes lignes seulement le conferencier illustre par un certain nombre de diapositifs la plupart originaux

5 DISKUSSIONSBEMERKUNGEN

Zur physikalisch meteorologischen und zur biologischen Abteilung

Prof *Dorno* (Davos) Für Intensitätsbestimmung des, wie Herr Prof *Bang* so eindrucksvoll auseinandergesetzt, biologisch uberauswichtigen schmalen Spektralteiles im Ultraviolett ist die die Kadmiumzelle benutzende photoelektrische Methode ganz besonders geeignet Die Empfindlichkeitskurve dieser Zelle, veröffentlicht von mir in der „Strahlentherapie“ und an andern Orten, festgelegt auf meine Anregung von Dr *Vahle* deckt sich fast vollkommen mit der der Oberhaut des Menschen, charakterisiert durch die Erythembildung Messungen nach dieser Methode sollten überall, wo einstlich strahlungsklimatische Untersuchungen angestellt werden, durchgeführt werden in Ergänzung der Bestimmung der Gesamtintensität der Sonnenstrahlung

Prof *Bang* (Kopenhagen) Es wird gewiß mit Freude zu begrüßen sein, wenn die Kadmiumzelle imstande sein wird gerade das biologisch wirksame Spektralgebiet zu registrieren Ich muß aber darauf aufmerksam machen, daß die *durcht* gefundene biologische Kurve nicht ausschließlich aus dem Maximum besteht, die niedrigen Teile der Kurve sind ja nicht ganz ohne Bedeutung Es ist deshalb notwendig, direkte Vergleiche zu ziehen zwischen den biologischen und den gleichzeitig durch die Kadmiumzelle gewonnenen Kurven Stimmen diese nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis überein, dann — aber nur dann — ist auch nach meiner Meinung die Kadmiumzelle vorzu ziehen Ich hoffe daß man hier in Davos solche Vergleiche anstellen wird

Prof *Linke* (Frankfurt) Ich halte es für wahrscheinlich, daß sich für jeden biologisch wichtigen Spektralbereich eine mathematische Beziehung zur durchstrahlten Luftmessung und dem Trübungsfaktor T finden läßt von der Form

$$I_{\lambda} = p (a + bT) m$$

Die Werte für p, a und b mußten experimentell bestimmt werden Auf diese Weise konnte man die biologisch wichtige Strahlungsintensität aus physikalischen Messungen bestimmen

Prof *Wigand* (Halle) Ich mochte fragen, ob nicht die Auswertung der *Dorno'schen* Registrierungen des ultravioletten Endes des Sonnenspektrums durch Herrn *Meyer* auch etwas über die *Hohenlage der Ozon Schicht* ergeben hat. Es mußte doch möglich sein, aus der Intensitätsänderung mit dem Sonnenstande auf die Höhe der absorbierenden Schicht zu schließen. Die Frage steht im Zusammenhang mit der hohen Ionisation der sogenannten *Heaviside* — Schicht der Radio Telegraphie — sowie mit dem etwaigen Ursprung der durchdringenden Hohenstrahlung in der oberen Atmosphäre und auch andern geophysikalischen Problemen.

Prof *Meyer* (Zurich) Es ist prinzipiell möglich die Hohenlage der Ozonschicht aus Messungen ähnlich denen von *Dorno* zu bestimmen. Nur mußte dazu das Gesetz sehr genau bekannt sein, nach dem die Intensität der Strahlung für eine bestimmte Wellenlänge sich mit der Sonnenhöhe ändert. Auf die Möglichkeit eines solchen Vorgehens haben schon *Fabry* und *Buisson* hingewiesen.

Dr *M Guhr* (Tatranska Polianka, Tschechosl.) Für die umstimmende Wirkung des Hohenklimas auf den senilen Zustand des Menschen spricht die Wahrnehmung an einem 70jährigen Manne, der im senilen marantischen Zustande mit einem *Ulcus corneae senilis* zur Hohenkur eintraf. Das *Ulcus*, welches im Tieflande trotz intensivster Behandlung fast 6 Monate in seiner Progredienz zum Stillstand nicht gebracht werden konnte, heilte in der Hohenluft binnen sechs Wochen spurlos aus. Funfzehnjährige weitere Beobachtung zeigte den Patienten in tadelloser physischer und psychischer Frische. Nachdem Patient im einundneunzigsten Lebensjahre äußerer Ursachen halber der Einwirkung des Hohenklimas sich entzog, trat das *Ulcus corneae senilis* in der vor funfzehn Jahren beobachteten Form wieder auf, begleitet von den zunehmenden marantischen Erscheinungen, die binnen mehreren Wochen zum Exitus führten.

Die Erfahrungen am Krankenbette Basedowkranker und Lungenhiluskranker, die mit gesteigertem Gasstoffwechselumsatz behaftet waren, lehren, daß die Steigerung des Gasstoffwechselumsatzes in dem Hohenklima zum Schwinden gelangt was mit dem Umstande erklärbar ist, daß Intoxikationszustände der oben genannten Krankheiten infolge Einwirkung der Hohenluft zum Schwinden gelangen. Die Beseitigung des hervorrufenden Momentes führt zum Schwinden des Symptoms, das heißt der Steigerung des Gasstoffwechselumsatzes.

Dr *Gutstein* (Berlin) Gestatten Sie mir einige kurze Bemerkungen zu dem Vortrag von Herrn Prof *Koranyi* insbesondere über die Veränderung des Blutes im Hochgebirge. Der Vortragende hat nur die bekannten Veränderungen an den roten Blutzellen und zwar die Hyperglobulie und die Vermehrung des Hämoglobins als Wirkung des Hohenklimas angeführt. In Wirklichkeit sind noch andere Ver

anderungen an den Blutzellen nachweisbar, nämlich eine Verminderung der Gesamtzahl der weißen Blutzellen (Leukopenie) und eine relative Vermehrung der Lymphozyten. Es ist nun interessant, daß man diese Veränderungen an den Formelementen des Blutes nicht nur im Höhenklima, sondern in *gleicher Weise* auch erhält, wenn man in der Tiefebene bei den Versuchspersonen Sauerstoffmangel erzeugt. In einer Arbeit aus dem Jahre 1917 (Zschr. f. Tuberkulose) habe ich zeigen können, daß man bei Tuberkulosen nach Anlage eines künstlichen Pneumothorax dieselben Blutveränderungen, nämlich Hyperglobulie, Hyperhamoglobinie, Leukopenie und Hyperlymphozytose nachweisen kann. Oft war auch eine Vermehrung der eosinophilen Leukozyten zu konstatieren. Diese Befunde waren jedoch nur zu beobachten bei Fällen von *totalem* Pneumothorax, in denen eine gleichzeitig bedeutende Besserung des Krankheitsprozesses erzielt worden war. Jedoch konnte ich in einer zweiten Arbeit (Folia haematologica 1921 über ein typisches Verhalten des Blutes unter dem Einfluß des Sauerstoffmangels) zeigen, daß die Blutveränderungen unabhängig von der Besserung des tuberkulösen Prozesses waren, da sie auch bei *gesunden* Hunden nach Anlage des Pneumothorax in gleicher Weise zu erzielen waren. Ebenso habe ich bei Patienten, die ich mit der *Kuhn'schen* Saugmaske behandelt habe, dieselben Veränderungen an den roten und weißen Blutzellen beobachten können. Es ist nun die Frage, wie man dieses *typische Verhalten* der roten und weißen Blutzellen unter dem Einflusse des Sauerstoffmangels zu erklären hat. Man erklärt wohl allgemein die Vermehrung der roten Blutzellen als Kompensationsmaßnahme des Organismus auf den Reiz der Sauerstoffverminderung. Doch reicht diese Erklärung nicht für die Veränderung der weißen Blutzellen aus. Ich glaube daher auf die Arbeit von *Mansfeld* hinweisen zu müssen, daß die Hyperglobulie im Hochgebirge bei Tieren, denen die Schilddrüse exstirpiert worden ist, nicht auftritt. Hieraus schloß *Mansfeld* mit Recht, daß es im Hochgebirge unter dem Einfluß des Sauerstoffmangels zu einer verstärkten Tätigkeit der Schilddrüse komme, und daß diese die eigentliche Ursache der Hyperglobulie sei. Es dürfte daher nicht von der Hand zu weisen sein, daß auch die Leukopenie und die relative Lymphozytose durch die verstärkte Tätigkeit der Schilddrüse zu erklären sei.

Dr. *Dotzel* (Crefeld). Ich habe dieselben Veränderungen am Blute beobachtet nach Pneumothoraxfullungen wie Herr Dr. *Gutstein* aus Berlin. Gleichzeitig auch Veränderungen, die ich als toxische Reizwirkung deute. Die Blutveränderungen bei Pn-Füllungen durften nicht nur auf Verkleinerung der Atmungsfläche und damit auf Verminderung der Sauerstoffzufuhr beruhen.

Dr. *Bornstein* (Berlin). Es ist, gewissermaßen in Parenthese, erwähnt worden, daß man um so mehr Alkohol verträgt, je höher man steigt, quo altius, eo magis. Ich hoffe, daß man nicht

aus dieser Tatsache der größern Giftfestigkeit speziell für die Kranken die Folgerungen zieht, daß man nun Alkohol geben darf. So herrlich eine Traubenkur für die Tuberkulösen ist, so sehr möchte ich davor warnen, die in Form von vergorenem Wein auf Flaschen gezogenen Trauben zu verabreichen. Traubensaft ist der natürliche, bekömmliche und heilbringende Inhalt der Traube. Wein ist mit der Traube weder verwandt noch verschwägert, höchstens stiefverwandt und nur schädlich. Ich hoffe, daß in Davos den Kranken dieses Gift völlig vorenthalten wird.

Prof. *Sonne* (Kopenhagen). Mehrere der HH Redner haben als eine wesentliche Wirkung des Höhenklimas angeführt, daß die Atmungsgröße gesteigert wird, es scheint mir jedoch, daß keine zufriedenstellende Erklärung hierfür vorgebracht wurde. Ferner ist davon gesprochen worden, daß die Wirkung des Höhenklimas zu T. einem Sauerstoffmangel zugeschrieben werden müsse, aber auch hier konnte man nicht angeben, wie ein solcher Sauerstoffmangel entstehen kann, wenn man nicht in sehr große Höhen hinaufsteigt. Wie Sie ja alle wissen, hat die Sauerstoffabsorptionskurve des Hämoglobins einen solchen Verlauf, daß wir bis auf eine alveolare Sauerstoffspannung von weniger als etwa 10% des normalen Barometerdrucks, d. h. also auf etwa 76 mm Sauerstoffpartialdruck kommen müssen, bevor von irgend einem wesentlichen Sauerstoffmangel im Arterienblute die Rede sein kann, bei jedem hohen Drucke ist das Blut im wesentlichen so vollständig gesättigt wie es überhaupt nur gesättigt werden kann. Da man nun zu wissen glaubt, daß die alveolare Sauerstoffspannung erst in sehr großen Höhen unter 76 mm hinuntergeht, so hat man den Grund für den vermuteten Sauerstoffmangel auch bei geringern Höhen nicht verstehen können.

Ich glaube jedoch, daß es möglich ist, eine solche Aufklärung zu finden, und ich glaube gleichzeitig eine zufriedenstellende Erklärung für die erwähnte Atmungssteigerung geben zu können.

Eine Voraussetzung für die Richtigkeit der Bedeutung der uns bekannten Tatsache, daß man in sehr große Höhen hinaufsteigen muß, damit die alveolare Sauerstoffspannung in den Alveolen unter 76 mm fällt, ist die, daß wir überall, in allen Alveolen, die gleiche Sauerstoffspannung haben. Es ist nämlich in Wirklichkeit nur die *durchschnittliche* Alveolarspannung, an die man früher immer gedacht hat, wenn man von der Zusammensetzung der Alveolarluft sprach, indem man davon ausging, daß die Lungen sich überall bei der Einatmung und der Ausatmung gleichmäßig ausdehnen und wieder zusammenziehen. Vor nicht sehr langer Zeit hat dagegen *Arthur Keith* gezeigt, daß dies ein Irrtum ist, die Lungen dehnen sich bei der Einatmung nicht wie ein Ballon, sondern eher wie ein japanischer Fächer aus, bei dem sich erst ein Teil entfaltet und dann erst nach und nach die andern Teile. Die Folge hiervon wird unvermeidlich die sein, daß die Sauerstoffspannung in den

verschiedenen Alveolarpartien verschieden sein wird. Ist dies aber der Fall, so ist die *durchschnittliche* alveolare Sauerstoffspannung ohne jedes Interesse für die hier zur Diskussion stehende Frage. Die durchschnittliche alveolare Sauerstoffspannung kann gerne wesentlich über 76 mm sein, und trotzdem kann die Spannung an einzelnen Stellen in den Lungen niedriger sein, und nur dies letztere allein ist es, worauf es ankommt. Ist der Sauerstoffdruck auch nur an einer einzigen Stelle in den Lungen unter 76 mm, so muß unweigerlich ein Sauerstoffmangel in dem gesamten Arterienblut in der Vena pulmonalis bestehen. Die ungenügende Sauerstoffsättigung in einer einzigen Stelle in den Lungen kann nicht von andern Stellen der Lungen aus ausgeglichen werden, an diesen andern Stellen der Lungen ist nämlich bereits schon so viel Sauerstoff aufgenommen als überhaupt aufgenommen werden kann. Es muß also unter solchen Verhältnissen ein mehr oder weniger starker universaler Sauerstoffmangel auftreten. Es ist unmöglich, schon im Voraus anzugeben, in welchen Höhen ein solcher Sauerstoffmangel auftritt. Wahrscheinlich ist dies bei verschiedenen Menschen etwas verschieden. Je ungleichmäßiger eine Person ihre Lungen ausdehnt und zusammenzieht, desto früher wird bei ihr ein Sauerstoffmangel eintreten, wenn sie sich in größere Höhen begibt, bei manchen Menschen bedarf es vielleicht nur einer sehr geringen Höhe, damit ein Sauerstoffmangel auftritt.

Das einzige Mittel, durch das ein solcher Sauerstoffmangel im gesamten Arterienblut aufgehoben werden konnte, ist eine stärkere Atmung an derselben Stelle, wo die Sauerstoffspannung unter 76 mm gefallen ist. Da eine solche stärkere Atmung an der betreffenden Stelle in der Regel ohne eine einigermaßen entsprechende erhöhte Atmung auch in den andern Teilen der Lungen nicht möglich sein wird, wird die natürliche Folge eine möglicherweise bedeutende, universale Erhöhung der Atmung sein — was ja auch mit den besprochenen Beobachtungen beim Höhenklima übereinstimmt.

Eine Atmung, die stärker ist als der normalen Kohlensäureluftung entspricht, wird die Kohlensäure starker auslufteu als normal, und hier haben wir gleichzeitig eine Erklärung für die von einigen der Herren Redner erwähnte, niedrigere alveolare Kohlensäurespannung in den Bergen.

Dr. H. v. Schroetten und Dr. Sonne erklären und ergänzen die Ausführungen des Vorredners und betonen, daß das arterielle Blut der Lungenvene nur dann voll gesättigt werden kann, wenn bei möglichst freien Luftwegen alle Lungenteile in der Atmung partizipieren, diese somit ausreichend entfaltet und die Respiration genügend vertieft wird, sonst muß naturgemäß die Sauerstoffspannung der nicht ventilierten Lungenteile hinter jener der andern zurück bleiben, ebenso wie die Blutstromgeschwindigkeit in entsprechenden Bezirken vermindert ist, so daß die Diffusion ins Gesamtblut unter verschiedenem Partialdruck erfolgt und die Sättigung leidet. Bekannt

ist ja und wiederholt betont, der Unterschied in der Wirkung flacher und tiefer Respiration auf die Sauerstoffforderung ins Lungenblut, was auch bei Beurteilung der individuellen Toleranz gegenüber Druckverminderung zu berücksichtigen ist. In jüngster Zeit hat *J. S. Haldane* auf die Bedeutung einer ausreichenden Entfaltung aller Lungenbezirke besonders aufmerksam gemacht. Wichtig erscheint die Betonung, daß die berechnete (weniger die direkt bestimmte) Alveolardruckspannung keine sichere Bewertung der Sauerstofftension in den Arterien, namentlich bei ungünstiger Sauerstoffversorgung — niedrigerem Luftdrucke — gestattet. Dies ist nur durch unmittelbare Untersuchung des Arterienblutes bzw. seines Sauerstoffgehaltes möglich. Wohl aber liefert die Bestimmung der alveolaren Kohlensäurespannung einen sicheren Maßstab für die Kohlensäuretension im Blute und ermöglicht eine annähernde Schätzung der Milchsäureproduktion bzw. ihrer weiteren Zerstörung bei Muskelarbeit.

Dr. *H. v. Schroetter* ad Dr. *Gutstein*. Bezüglich der hier angeschnittenen Fragen muß man sich doch gegenwärtig halten, daß auch bereits unter normalem Luftdrucke relativer Sauerstoffmangel nur allzuleicht, wie namentlich bei anstrengender Muskelarbeit eintreten kann, daß der Organismus auch im Meeresniveau nicht absolut immun gegen Sauerstoffmangel ist, wie ich dies des Näheren am Schlusse meines Vortrages ausgeführt habe, worauf hiermit verwiesen sei.

Dr. *Laquer* (Nymwegen). Da alle Veränderungen des Organismus im Höhenklima durch Sauerstoffatmung zurückgehen, muß man annehmen, daß die verminderte Sauerstoffspannung der Inspirationsluft Ursache dieser Veränderungen ist. Andere Erklärungsmöglichkeiten verlangten sehr komplizierte und unwahrscheinliche Hypothesen. In jeder beliebigen Gegend des Körpers kann aber nur dann Sauerstoffmangel eintreten, wenn seine Sauerstoffversorgung durch das Blut ungenügend wird. Deswegen sind direkte Bestimmungen der Sauerstoffspannung des arteriellen Blutes notwendig, die fast noch niemals im Hochgebirge ausgeführt worden sind. Aber selbst wenn sich hierbei Herabsetzungen ergaben, muß der sich beim Sauerstoffmangel im Hochgebirge abspielende Chemismus grundlegend von dem bisher bei Sauerstoffmangel bekannten Chemismus unterscheiden.

Dr. *Fr. Peemöller* (Hamburg) stellte mit Hilfe von physikalisch exakt geeichten künstlichen Lichtquellen und von verschiedenen Lichtfiltern fest, daß bei der Rachitis der primäre Heilerfolg nur den erythembildenden Strahlen mit einer Wellenlänge unterhalb $320\ \mu\mu$ zukommt, daß alle andern Strahlen primär nicht imstande sind, einen Heilerfolg hervorzubringen, wohl aber sekundär die Wirkung der erythembildenden Strahlen unterstützen können. Hieraus ergibt sich die praktisch wichtige Folgerung für die Ultraviolett-Therapie der Rachitis, daß nur

solche künstlichen Lichtquellen in Frage kommen sollen, die erythem bildende Strahlen aussenden, und zwar in genügender Menge. Alle übrigen künstlichen Lichtquellen wie z. B. die Solluxlampe, die Spektrosollampe und auch die Ultrasonne kommen für die Ultraviolett-Therapie der Rachitis nicht in Frage. Ebenso kann von Sonnenbestrahlung durch Fensterglas kein therapeutischer Erfolg erwartet werden, denn das Fensterglas schneidet das Spektrum unterhalb $320\text{ }\mu\mu$ ab. Auch die Wintersonne kann bei uns in der norddeutschen Tiefebene keinen Heileffekt auf die Rachitis ausüben, weil sie keine erythembildenden Strahlen enthält.

Bei einer Gruppe von rachitischen Kindern, die mit der *Siemensschen* Aureollampe acht bis zehn Wochen lang täglich ein bis zwei Stunden bestrahlt worden waren, zeigte sich trotz schöner braunroter Pigmentation röntgenologisch nicht der geringste Heilerfolg. Erythembildung wurde nach der Bestrahlung nicht beobachtet. Hieraus ergibt sich also 1. daß gute Pigmentation keineswegs immer als ein prognostisch günstiges Zeichen bewertet werden darf, 2. daß dem Pigment nicht die Bedeutung eines Heilmittels im Sinne *Jesionek's* zukommt, 3. daß auch seine angenommene Rolle als 'Transformator' der ultravioletten in Warmestrahlen keine praktische Bedeutung für den Heilungsprozeß hat. Da man nun ferner seit kurzem weiß, daß es nicht wirkt, wie eine Schutzvorrichtung gegen ultraviolette Strahlen als brauner Sonnenschirm im Sinne *Finsen's*, so muß man ihm eine andere physiologische Bedeutung zuschreiben. Die Bedeutung besteht meines Erachtens höchstwahrscheinlich darin, daß es den Körper vor Warmestauung schützt, insofern es die tiefeindringenden leuchtenden Warmestrahlen bereits in der Epidermis absorbiert. Dadurch wird erstens eine Warmestauung in der Tiefe verhütet und zweitens kommt es dann meines Erachtens zu einem viel früheren und starkern Schwitzen auf der pigmentierten als auf der weißen Haut. Die nun einsetzende physikalische Warmeregulierung führt dann bald zu einer Abkühlung der pigmentierten Haut. Verschiedene noch nicht ganz abgeschlossene Untersuchungen sprechen für diese Annahme. Auf diesem Vorgange beruht meines Erachtens auch die Ueberlegenheit der farbigen Völkerstämme in den Tropen bei der Arbeit gegenüber den Weißen.

Weiter geht aber aus der Tatsache der Pigmentbildung ohne vorhergehende Photodermatitis hervor, daß diese wichtigen und interessanten Untersuchungen von *Hauser* und *Vahle* eine *Lücke* aufweisen, denn diese beiden Autoren sind der Meinung, daß die Pigmentation der Erythembildung vollkommen parallel läuft. Hier zeigt sich nun aber eine Abweichung meiner auf physikalischer Basis aufgebauten Untersuchungen. Die fehlerhafte Einstellung von *Hauser* und *Vahle* ist vor allem dadurch entstanden, daß sie nicht mit einem kontinuierlichen, sondern mit dem diskontinuierlichen Linienspektrum der Hohen Sonne arbeiteten, das im langwelligen Teil des Ultravioletts nur wenige Linien aufweist. Ferner lasen sie nach nur ein

maliger Hautbestrahlung die Hautveränderungen, ab Aus den Untersuchungen mit der *Siemens* sehen Aureollampe, deren Spektrum sich bis allerhöchstens $320\ \mu$ erstreckt, geht aber hervor daß auch die langwelligen ultravioletten Strahlen ohne vorhergehende Erythembildung imstande sind eine Pigmentierung hervorzubringen bei mehrfach wiederholter längerer Einwirkung

Endlich warnt *P* noch vor der übertriebenen Bedeutung, die man heutzutage dem Sauerstoffmangel im Hochgebirge (*Loewy*) als prädominierendem Klimafaktor beimißt

Nach neuern Untersuchungen von *Kestner* und *P* die in diesem Jahre auf Teneriffa in allen möglichen Höhenlagen ausgeführt wurden, zeigte sich, daß nach einer kurzen, bald vorübergehenden Zeit der Akklimatisation von etwa drei bis vier Tagen der Grundumsatz bis zu einer Höhe von 2200 m gleich dem in Hamburg war Auch die Atmungsgröße verhielt sich nach erfolgter Akklimatisation bis zu einer Höhe von 2200 m vollkommen unverändert Dagegen fanden *K* und *P* bei einsetzender Bestrahlung (direktes Sonnen- oder diffuses Himmelslicht) fast regelmäßig eine Stoffwechselsteigerung von 15 bis 20 % Diese Steigerung lief absolut parallel den mit einer Kadmiumzelle gleichzeitig gemessenen Ultraviolett-Intensitäten

Dr *H v Schroetter* ad Dr *Peemoller* Mit Rücksicht auf die Bemerkung von Herrn *Peemoller* der sich um die Bestrahlung bei Rachitis so verdient gemacht hat mochte ich nur kurz und insofern erwidern, als ich glaube, dadurch Mißverständnisse aufklären zu können, die hinsichtlich der Frage nach den für die Pigmentierung wirksamen Strahlen zu bestehen scheinen Wie ich seinerzeit (1910) nach Versuchen auf den Cañadas von Teneriffa zeigen konnte, und wie dies dann insbesondere durch die ausgezeichnete Arbeit von *Vof* und *Vahle* festgestellt worden ist, wird das sogenannte Sonnenpigment ausschließlich durch die Wirkung ultravioletter Strahlen bezw eines begrenzten Bezirkes derselben hervorgerufen Bei höherer Aktivität dieser (wie sie im Sonnenspektrum nicht vorkommt) erfolgt deshalb keine Pigmentbildung, da das Protoplasma bei so hoher Schwingungszahl nicht mehr chemisch zu arbeiten imstande ist Wenn nun Herr *Peemoller* angibt, daß die Pigmentierung auch durch langwelligeres Licht hervorgebracht werden könne, so handelt es sich um Verfärbungen durch Blutpigment Derivate, indem irritative Lichtreizung ebenso wie die Wirkung dunkler Wärmestrahlen zu Transsudationsvorgängen Diapedese von Blutkörperchen im Bereiche der Kapillarschlingen der Hautpapillen und zu weiteren Veränderungen des Blutfarbstoffes (Hämoxidin, Hämochromogen) führt Diese Pigmentation ist aber von dem „Sonnen Pigmente“ chemisch vollkommen different, das vielmehr zu der Gruppe der Melanine gehört und den aromatischen Aminosäuren nahestehen dürfte Es kann jedoch geschehen, daß beide Pigmentierungen nebeneinander auf-

treten, im besondern wenn es bei Sonnenbestrahlung zu stärkeren thermischen Wirkungen, Blasenbildung, Entzündung gekommen ist — Die Retezellenschicht der Haut kann den inkretorischen Drüsen zu gerechnet werden, mit denen sie auch in mehrfacher Wechselbeziehung steht Die Menschen durften (mit Bezug auf deren Evolution) ursprünglich dunkelfarbig gewesen sein, um diese Färbung mit der Demigration nach kälteren Regionen der Erde zu verlieren Die Fähigkeit zur Pigmentbildung ist jedoch erhalten geblieben, beim Grottenolme dagegen ist sie im Laufe geologischer Zeiten verloren gegangen Mangelnde Fähigkeit zur Pigmentbildung beim Menschen ist ein Zeichen minderwertiger Konstitution bezw erhöhter Disposition zur Tuberkulose

Zur klinisch therapeutischen Abteilung

Dr *Skalak* (Prosečnice, Tschechoslowakei) berichtet über die Untersuchungen, die er in Kollaboration mit Dr *Mrkos* über den *Zusammenhang verschiedener klinischer Erscheinungen mit atmosphärischen Situationen* gemacht hat. Dr *Skalak* hat dabei gefunden, daß man immer die beobachtete klinische Erscheinung im Zusammenhang mit *ganzer* gegebener Situation (im Sinne der zyklonalen und antizyklonalen Bewegung der Atmosphäre) betrachten muß. Erst dann ergibt sich ein klarer und eindeutiger Zusammenhang, welcher als ganz gesetzlich betrachtet werden muß. Die Autoren haben am grundlichsten diesen Zusammenhang an dem Vorkommen von Hamoptoe bei der Lungentuberkulose und an der Mentalität bei verschiedenen Krankheiten und letzters an dem Vorkommen von akut infektiösen Erkrankungen der oberen Luftwege studiert.

Es hat sich ergeben, daß es zwei Anstiege in Anhaufung dieser Erscheinungen gibt, und zwar einen Anstieg in der Mitte der Zyklone, einen zweiten in der Antizyklone an dem Ende der Kaltewelle. Diese zwei Anhaufungen sind nicht immer bei jeder Krankheit und bei jeder klinischen Erscheinung gleich deutlich ausgeprägt. Bei der Hamoptoe und bei der Tuberkulosemortalität treten beide ganz deutlich in den Vordergrund, bei der Grippe z. B. ist der antizyklonale, bei Mortalität an Marasmus z. B. der zyklonale atmosphärische Einfluß sichtbar. Den Einfluß der zyklonalen Situationen stellen sich die Autoren wie den Einfluß der Stagnation der Luftmassen vor, ganz analog, wie man über die Stagnation in der Hydrologie sprechen kann. — Dr *Skalak* hat dann auch das Auftreten der Hamoptoen in verschiedenen Tagestunden studiert, es hat sich ergeben, daß die Welle des Hamoptoevorkommens im entgegengesetzten Sinn verläuft wie die Welle der taglichen Schwankungen des barometrischen Druckes. Was die Frage über den Einfluß von Gewittersituationen auf das Vorkommen der Hamoptoen anbelangt, so muß nach den Forschungen von Dr *Skalak* ein Unterschied gemacht werden zwischen den Gewittern, die in der Mitte der Zyklone vorkommen und einen ausgesprochenen Einfluß auf das Vorkommen von Hamoptoen zeigen und unter den Gewittern am Anfange der Kaltewelle in der Antizyklone, wo ein Einfluß oft vermißt wird.

R Staehelin (Basel) *Schlapfer* hat die von Herrn *Bernhard* erwahnten Versuche uber Photoaktivitat des Blutes an der Basler Medizinischen Klinik wieder aufgenommen und ist zum Schluß gekommen, daß die Schwarzung der photographischen Platte durch belichtetes Blut nicht die Folge einer Strahlenwirkung des Blutes, sondern einer chemischen Substanz ist wahrscheinlich Wasserstoffsuperoxyd

Dr Bornstein (Berlin) Ich mochte an Bemerkungen anknupfen, die in den Vortragen von *Michaud* und von *den Velden* in Paranthese gefallen sind, an die Frage von der Diat, die leider in fast allen Kurorten ob hoch oder tief, noch immer nicht ihrer hohen Bedeutung entsprechend gewertet wird Das *Fleisch* spielt hier eine leider zu große und oft *schadliche Rolle* Man verzieht die Kranken oft zu Karnisten, statt sie an eine vernunftgemäße Ernährung zu gewöhnen die auch zu Hause mit Erfolg fortgesetzt werden kann — Die Behauptung des Physiologen *Kestner* (Hamburg) von der Notwendigkeit großer Fleischmengen, speziell bei sogenannten geistigen Arbeitern, ist energisch zuruckzuweisen, *K* ist jeden Beweis fur diese nur „auf eigener Ueberzeugung“, nicht auf wissenschaftlicher Erhartung beruhende Behauptung schuldig geblieben, auch in Innsbruck, bei den Naturforscherversammlungen, wo hoffentlich fur immer diese schadliche Behauptung beweis kraftig widerlegt worden ist — Fleisch ist ein angenehmes, lebenswürdiges, in beschränkter Menge durchaus zu empfehlendes Nahrungs und Genußmittel Aber ein schlechtes Eiweißansatzmittel und nie ein besonderer Kraftspender Es liegt nicht der mindeste Grund zur Erziehung zum Karnismus vor Die Hotels in den Kurorten sind dringend darüber zu belehren, daß sie ihren Bewohnern die von den Aerzten verordnete Diat zu verabfolgen hatten die fur die Gesundheit oft von ausschlaggebender Bedeutung ist Die Gastwirtschaften sind der Gaste wegen da, nicht umgekehrt Im Gegensatz zu Fleisch sind Milch und Pflanzeneiweiß plastische Eiweiße Während es *Dapper* bei Entfettungskuren trotz größter Fleischbeilagen nicht gelang, Eiweißverlust zu verhuten, konnte ich im Gegensatz bei *Zulage maßiger Mengen Milch oder Pflanzeneiweiß bei Fettverlust* sogar Eiweißansatz erzielen, die von mir sog *Zellenmast* ein zwingender Beweis fur den Vorzug dieser Eiweiße gegenüber dem in größeren Mengen schlechtern Fleisch

Eine kurze Bemerkung zur Frage des Eiweißansatzes Ich habe hieruber zahlreiche Forschungen in den physiologischen Instituten von *Hendinham* (Breslau), *Zuntz* und *Hering* (Leipzig) angestellt und in *Pfluger's Archiv* und anderswo berichtet — Der Eiweißansatz zeigt sich, wenn weniger Stickstoff ausgeschieden als aufgenommen wird Eine Besserung der Zelle kann in quantitativer und qualitativer Weise erfolgen Qualitativ durch bessere Eiweißventilation, quantitativ durch Anreicherung, beides nenne ich *Zellmast* Durch Arbeit wird eine Muskeleutrophie erzeugt,

die natürlich ihre Grenzen hat eng im Raume stoßen/ sich die Zellen und eine allzusehr vergrößerte mußte die andere verdrängen — Bei Liegekuren fällt diese Eutrophie fort Um so mehr muß die durch Ernährung zu erzielende erstrebt werden Ich konnte nachweisen, daß nicht durch Fleisch aber durch Zulage von mäßigen Mengen Milch oder Pflanzeneiweiß eine *Zellmast* eine Besserung der Zelle in Quantität und Qualität stattfinden kann, die Zelle zeigt bessere Oxydationskraft Ich empfehle diese einfache Methode der Zellbesserung, des Eiweißansatzes, in der Praxis draußen, wie auch speziell hierzulande bei Ruhekuren Aber bitte nicht Fleisch —

Noch eines bei Stoffwechselversuchen zeigt uns der N im Harn nicht, ob er von abgebautem Korpereiweiß oder von der Nahrung stammt Es dürfte sicher sein, daß bei Arbeit und bei Eiweißüberernährung, bei erhöhter *Eiweißventilation* das Korpereiweiß rascher abgebaut und durch Neubildung von organischem Eiweiß aus der Nahrung mehr als ersetzt wird, daß also ein größerer Teil des N im Harn vom Abgebauten stammt es tritt eine raschere Regeneration der Zelle ein, was für die Heilung von grundlegender Bedeutung sein dürfte

SACHREGISTER

A

Abkühlungsgroße 19 477
Messungen ders 19 139/140 241

Adrenalin 254

Adsorptionsgleichgewicht 303

Al (Luft) Influence of open air on health 16 ff — Ionisation of the air 16 — Chemical purity 16 — physiological saturation deficit 17 — open air treatment 19 — Cooling power of air 18, 26 — pollution of the air in big cities 23 27 34 — sources of pollution 27/29

Luft de Capri 234 — son electricité et radio activité 238 — pureté de l'air au golfe de Naples 239

Vergl Luft Atmosphäre

Akklimatisation, Vorschriften zur Anpassung an das Hochgebirge 300 — Vollkommene Anpassung an das Höhenklima 333 365 367 — Begriffsbestimmung der A 349 — Bedeutung von Intermediärprodukten für die Anpassung an das Höhenklima 358 — Anpassung des Lebewesens an ihre Umwelt 362 — Anpassung von Kindern an das Hochgebirge 447 — Schwierigkeiten als maßgebender Faktor für die Kontraindication von Klimaten bei Nervenkrankheiten 497 — Vorbereitungen für die A 498 — Anpassung an das Höhenklima mit Hilfe von Bergbahnen 499 — Anpassung an das Hochgebirge in vorgeschrittenem Alter 336 ff

Acclimatazione nell'alta montagna nel periodo dell'involuzione senile 336—346

Altimeter bimetallisches 115 ff 89

Albuminurie orthostatische Behandlung ders 484

Alkalose, des Blutes 267 289 292 295 — durch Morphinum hervorgerufen 299

Alkohol Einfluß des Hochgebirges auf das Verhalten von A 299 335 552 — Wirkung des A auf das Blut 299

Alcoolisme la lutte contre 39

Alpenbewohner Unterschiede zwischen den bayrisch österreichischen und den alemannisch schweizerischen 539

Alpennatur die Menschenseele in ders 539 ff — der Aelpler 539 — der Alpinist 540 — der Erholungssuchende 541

Alpenpflanzen s Pflanzen

Anaerobiosis in großen Höhen 356

Anämie Wirkung des Eisenstoffwechsels auf A 272/273 — A und Bluthildung 274 — A als Indication für das Hochgebirge 296 447 — Regeneration von A im Hochgebirge 536

Anoxyhämie Auftreten ders 369 — Verschiebung der A durch Anpassungsvorgänge 371

Anpassungsvorgänge an die Abnahme des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre 9 268 347 ff — the rapeutischer Wert der A 352 bis 354 — A in Höhen über 5000 m 355 ff — psychische Einflüsse für A in großen Höhen 357 — Einfluß von Intermediärprodukten auf A 358 — Dauer der A 300 359 366 — Grenze der A 360 370 — Anpassungszeit 361 366 — Einfluß klimatischer Faktoren auf den Verlauf der A 370 — A an Elektro

lyten 302 — an Natrium und Kalzium 303

Anthocyan (roter Farbstoff) Bildung des A in Pflanzenzellen 148

Apoplexie bei Nephrosklerotikern 484

Association internationale de la Protection de l'Enfance 39

Asthma Einfluß der Seeluft auf A 204 — cure marine de A 447 — Hochgebirgskuren bei A 447 — Einfluß des Höhenklimas auf A 524 — Verschiedene Erklärung des A 525 — Theorie der asthmogenen Substanz 526/527 — psychische Momente als Mitursachen des A 527

Atmosphäre Analytische Erforschung der A 4 — Wasserdampfgehalt der A 54 80 — Trübungsgrad der A 80 — Transmissionskoeffizient der A 81 — Trübungsursachen der A 86 — atmosphärische Strahlung 87 — Ozongehalt der A u Sonnenstrahlung 91 ff — Ozongehalt in den oberen Schichten der A 16 94 — Luftelektrizität der freien A 100 ff — Erdatmosphäre 101 — Spannungsmessungen in der freien A 101 — Stärke der Ionisierung in der A 105 — Jodgehalt der A 189 — Abnehmende Sauerstoffspannung der A in der Höhe 328 — Klinische Erscheinungen in Beziehung zum Zustand der A 558 — Einfluß atmosph. Stromung auf das Wachstum von Kindern 454, 459

Vergl Luft

Atmosphäre comp air

Atmung Beschleunigung der A im Mittelgebirge 226 — Vertiefung der A in der Höhe 18 266 295 517 552 — Dauer der Hochgebirgswirkung auf die Atemgröße 297 — Einfluß der Strahlung auf die A 329 — Atemgröße in der Höhe mit und ohne O Atmung 331 — Atemgröße von ständig im Hochgebirge Lebenden 333 — A pigment 270 — Sauerstofftension des Atemzentrums 266 — Empfindlichkeit des Atemzentrums für Sauerstoffabnahme 266 328 — verschiedene starke Durchlüftung der einzelnen Lungenpartien bei der A 266 552/553

Nichttuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane im Hohen

klima 516 ff — Wesen der A 516 — indirekte Wirkung der Respirationskrankheiten 516 — therapeutische Verwertung der veränderten A im Höhenklima 518 — indirekte Beeinflussung der Respirationskrankheiten durch das Hochgebirge 518 — Klimatische Beeinflussung der A bei Rekonvalenzzuständen 519 537 — Indikationen und Kontraindikationen bei Krankheiten der Atmungsorgane für Hochgebirgskuren 520 — Sonnenkuren bei Krankheiten der Respirationsorgane 528 — Respiratione 342

Azidose des Blutes im Höhenklima 267/268 289 470 — Entstehung der A durch Milchsäure im Blut 291 — Nachweise von A bei Luftdruckverminderung 295 — acidotische Wirkung des Hochgebirges auf Tuberkulose 297 — acidotische Wirkung des Alkohols 300

B

Basedow Einfluß der Hochgebirgskuren auf B kranke 299 550

Baumgrenze in den Alpen 133 — im Davoser Tal 156 — in den Tropen 164 ff — Zusammenhang zwischen B und Klimacharakter 169

Bergkrankheit Schlafsucht ein Symptom der B 317 — Deutung ders 320 — B und ihre Ursachen 347 — Unsicherheit in der Erklärung der B 494 — Aderlaß bei B 368

Bewölkung 47 — Maxima und Minima 55 — B Grad 85 — B in den Ost u Westalpen 133 — an der holländischen Küste 207 — Einfluß der B auf Wachstum von Kindern 453 458

Blut Schwankungen der B Menge in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren 10 — B Verlagerungen 136 334 — B Zusammensetzung im Mittelgebirge 227 — Sauerstoffdruck und Sauerstoffgehalt des B 261 — Blutreaktion 9 267/269 290 — Bestimmung der B Reaktion bei Luftdruckänderungen 295 — Beeinflussung der B Reaktion durch Milchsäure im B 290 — B Reaktion unter Wirkung von Narkotika 299

Blutanalysen im Hohenlima 296 298 — Bestimmungen des C N H₂O Gehaltes im Blut bei Luftdruckveränderungen 296 — Bedingungen der Blutbildung 270 ff — Einfluß der Ernährung auf Blutregeneration 275 — Mauserung des B 270 352 — Einfluß des Hohenklimas auf das B 279 ff 551 — Blutveränderungen bei mangelnder Sauerstoffzufuhr infolge Pneumothoraxfaltungen 551 — Bestimmungen der sauerstoffubeitragenden Oberfläche des B 282/283 — Erwärmung des B durch sichtbare Lichtstrahlen und Bedeutung ders 390 — B Verteilung: Wustenklima 476 — Viskosität des B 9 262/264 — B Veränderungen bei Tuberkulose 507 — Flockungsreaktion des Plasmas bei Tuberkulose 507 — Blutkörperchen senkungsgeschwindigkeit bei Tuberkulose 509
Vergl auch sanguie

Rote Blutkörperchen siehe Erythrozyten

Blutdrüsen siehe Drüsen

Blutkapillaren siehe Kapillaren

Blutdruck vorübergehende Erhöhung im Mittelgebirge 226 — im Hohenlima 262 484 — B Steigerung im Hohenlima u Sauerstoffatmung 11 332 — Verhalten des B bei Hohenbewohnern 333 — Beeinflussung des B nach Bestrahlung in feuchter Tirolslands und trocken im Hohenluft 479/481 — B Senkung durch Bestrahlung 329 — nach Lichtbad 382 — durch Bader 485 — B Senkung im Wustenklima 476 482 485 — Pressione nelle arterie (Arterieller Blutdruck) 341 — Pression artérielle 242

Blutgefäße Erweiterung der B in Abhängigkeit von der H Zahl im Blut 470

Bora Vorkommen in der Hohen Tatra 461 464

Bronchitis cure marine de B 247 — B und Bronchialtasien im Hochgebirge 521/522

C

Cataracts 17/18 — Cataracte der oberen Luftwege 520/521 — Mineralquellenkuren für diese 522

Chloraufnahme und abgabe durch die Erythrocyten 270

Chlorophyll Gehalt der Alpenpflanzen an C 148/149

Cholera infantum Beobachtungen in Amerika 437 in Europa 438 — Ch in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren 438/439 — Ursachen der Ch 439/440 — Einfluß der Milch 440 — Einfluß von Vorganen im Darm 441 444

Climat marin und climat maritime 203 — specialisation des climats des differents littoraux 230 231 — de la Méditerranée 231 — climat apenninique et transapenninique 232 — cl du golfe de Naples physique 232/239 — physiologie et therapie 239/250 — Cl photochimique du golfe de Naples 238 — action stimulante 241 — bain atmosphérique et bain de soleil 242 — cl marin et poids du corps 243 — cl marin et effet sur les enfants 243 — cl marin et cl de montagne 245 — Influences géophysiques 243
Comp Klima

Climate of a big city and the dwellings of the poor 25 seq — General Cl Local Cl Private Cl 25 — Climatic disabilities in the centre of London 32 — influence of these on mortality and infantile mortality 32 — Remedies for the bad private cl 35
Comp Klima

Cloioio sodico 65 (Chlornatrium im Regen)

Corpus Peso del corpo nell'alta montagna 337 — Temperatura del corpo 338

Croix Rouges Ligue des 39

D

Dampfdruck Jahresmittel dess 54 Vergl auch Wasserdampf

Darm Darmtätigkeit im Mittelgebirge 228 — Darmausscheidung von Eisen 271

Darmtuberkulose Sonnenlichtbehandlung ders 428

Diathese hamorrhagische Beziehungen zum Licht 407/408 — Hochgebirgsleiden bei exsudativer D 447

Dissoziationskurve des Oxyhamoglobins 261 266

Dopa und Dopaferment 174 254

D i u s e n innersekretorische Klima
u 1 D 305 ff — Beeinflussung der
1 D durch äußere Faktoren 307 330
— Anteil ders am Fettstoffwech-
sel 309 — Einfluß des Hohen-
klimas auf die 1 D 269 515 519
536 — D von Hochgebirgsvögeln
185 — Einfluß der 1 D auf den Re-
konvaleszenzvorgang 531 536 —
Influence du climat marin sur le
systeme endocrinique 243 —
Schilddruse s d vergl auch In-
kretionsorgane

E

Eisenstoffwechsel Bedin-
gungen dess 270 ff — Bedeutung
für die Blutbildung 271 — Zu-
sammenhänge mit Milz und Leber
272 — Eisen als Katalysator bei den
organ Oxydationsprozessen 273

E i w e i ß Bestandteil im Hämoglobin 271 — Steigerung der E
Komponente des Blutes bei ver-
mindertem Luftdruck 296 — Stoff-
wechsel bei erniedrigtem Luftdruck
333 469 — Eiweißansatz im
Hohenklima 333 519 536 — Ei-
weißansatz durch besondere Kost
559/560

E k z e m Sonnenlichtbehandlung
von chronischem E 419 425

Elektrizität mit Luft E der freien
Atmosphäre 100 ff — Erforschung
der Hohenluft E in Luftfahr-
zeugen 100 — luftelektrische
Einflüsse 100 102 502 — Luft E
als Klimaelement 108 — luftelek-
trische Verhältnisse im Hochge-
birge 109 137 328 — Beziehungen
der Luft E zu Schlafstörungen 317
— Elektrostatisches Feld der Erd-
atmosphäre 101 — der Atmosphäre
104 — Wolken E 107 — elektri-
sches Klima 108 — Electricité at-
mosphérique recherches de l'E a
l'Observatoire de Sestola 110

Elektrokardiogramm 302

Elektrolyten Gegensatz von
302

Emphysem im Hochgebirge 521

Epidermis Einfluß des Lichtes
auf 418

Empieme operierte E im Ho-
henklima 523

Epithelkörperchen Veran-
derung ders durch Bestrahlung
310 — Verhalten von Epithelpar-

tikeln in der Haut bei Wundbe-
handlung mit Sonnenlicht 417/418
Erfrierung Vorgang der E 495
Erythembildung 20 254 382
555 — Zusammenhang mit Vor-
gängen im Organismus 396 —
Fortlaufende Untersuchung der E
des Hohenlichts 410/412 — Un-
gunstiger Einfluß des E bei be-
stehender Nephrose 486

Erythrozyten E Zahl im Mit-
telgebirge 227 — Zunahme der E
im Hohenklima 8/9 265 280 —
Bedingungen für die Zunahme der
E Zahl 260 — Auflosen der E
durch besondere Strahlen 255 411
— Sauerstoffdruck der E 261 —
Mittlerer Hämoglobingehalt eines
E 280 — Dimensionen der E 282

Evaporazione Residuo dell E
65 (Verdampfungszustand)

Extinktionskoeffizient d
Sonnenstrahlung 81 96

F

Fett antirachitische Wirkung von
Fetten nach Bestrahlung 12 16
238 385 435 — Einfluß des mensch-
lichen Hautfetts auf die pho-
tographische Platte nach Be-
strahlung 387

Fettstoffwechsel und Was-
serhaushalt 309 — Fettsucht theori-
peutische Beeinflussung ders 299
309

Feuchtigkeit absolute und re-
lative 54 74 — Maximum und
Minimum 54/55 — Feuchtigkeits-
windrose 74 97 — Feuchtigkeits-
verhältnisse auf Helgoland 77 79
— Messung der F 123 — Bedeu-
tung der F für das Hohenklima
172/173 — Relative F an der Küste
und im Binnenland 206 — Luft-
feuchtigkeit des Mittelgebirges 219
— Abnahme der F mit zunehmen
der Höhe 131 294 — Abhängigkeit
der Rotstrahlung von der Luftf 89
— Einfluß der Luftf auf die Ionen
108 — Einfluß der F auf Wachs-
tum von Kindern 451, 452 455
Vergl Humidity

Flora des Davoser Landwasser-
tales als Ausdruck seiner Klima-
varianten 154 ff — alpine nor-
dische Arten in der Alpenflora 158
— F der Zugenstraße 160 — Än-
derungen der F durch die Eiszeit

Florawanderungen 162 — F der
 Patanas auf Ceylon 167 — F der
 alpinen Höhlen 171
 Vergl Vegetation
 Föhnkrankheit 100 494

G

Gaswechsel Steigerungen im
 Hohenklima 288 294 329 496 556
 — Ricambio dei gas 344 — Einfluß
 des Hohenklimas auf pathologisch
 gesteigerten G 299 530
 Vergl Stoffwechsel
 Gefäß Erweiterung Einfluß der
 H Zahl des Blutes auf dieselbe 470
 — Hohenklima und G Tonus 477
 — Beeinflussung des G Systems
 durch das Hohenklima 477 ff
 Gewitter 59 — Ankündigung von
 G Lage 100 — Spannung der G
 Wolke 108 — Einfluß des G auf
 Schlafstörung 317 — Einfluß des
 G auf Wachstum von Kindern
 458 — Einfluß des G auf Auf-
 treten von Hamoptoen 558
 Gicht Therapie ders 299
 Glacier Etudes glaciologiques en
 Suisse 545/546 (Alimentation et
 Ablation du glacier)
 Gletscher Einfluß der G auf
 die Vegetation 156 — G Wande-
 rungen 162

H

Hamatopoiphyin als inten-
 siv wirkender photobiologischer
 Sensibilisator 22 398 400 402 —
 Aufhebung der Wirkung von H
 403
 Hamoglobin Sauerstoffauf-
 nahme des Hs 7 — H Gehalt des
 Blutes im Mittelgebirge 227 — Um-
 wandlung von II in Methamoglo-
 bin 255 — II Gehalt des Blutes 262
 — Zusammensetzung des Hs 271
 — Hamoglobin und Eisenstoff-
 wechsel 273 — Hamoglobinabbau
 in den Geweben 274 — Einfluß der
 Ernährung auf II Erneuerung 275
 Verhalten des Hs im Hohenklima
 279 — Hamoglobin Verteilungsge-
 setz 281/282
 Vergl Oxyhamoglobin
 Hamopoietine Bildung von II
 im Blut 275/277 358
 Hamoptoen Einfluß atmosphä-
 rischer Zustände auf Eintreten von
 558

Hauterkrankungen Sonnen-
 lichtbehandlung von H 425
 Hautkriebs Beziehungen zwi-
 schen H und Sonnenbestrahlung
 406 — Behandlung von H 421
 Hauttemperatur s Tempera-
 tur
 Hauttransplantationen
 Wirkung des Sonnenlichtes auf H
 418
 Hauttuberkulose Lupus und
 Tuberkulose
 Hautwasserabgabe im Wu-
 stenklima 486
 Heliotherapie bei chirurgi-
 schen Leiden 413 ff — Beginn der
 H 414 431 — Erste Anwendung
 der H im Davoser Tal 380 413 —
 H für Wundbehandlung 414—420
 — für Osteomyelitis 420 — für chiu-
 urg Tuberkulose 422—429 — für
 Knochenbrüche 421 syphilitische
 Geschwüre 421 — Hautkarzinom
 421 — Rachitis 429 — bei Kriegs-
 verletzten 419 — Lokale Besonnung
 und Vollsonnenbad bei chirurg
 Tuberkulose 424 — Einfluß des
 Sonnenlichtes auf Knochenbildung
 431 Vergl Licht Sonne Strah-
 lung
 Herz 265 — Schonungs und Ue-
 bungstherapie des H 265 466 —
 — Beschleunigung der H Tätig-
 keit im Mittelgebirge 226 — H
 Krankheit und mittlere Höhe 227
 — Beziehungen des H zum Schlaf
 316 320 — Verhalten der beiden
 II Kammern in der Höhe 264 Ge-
 wichtszunahme derselben in der
 Höhe 264 — Verhalten des H bei
 chronischem Sauerstoffmangel 356
 — Wirkungen des Hohenklimas
 auf das II 467 — Adaptation des
 II an das Hohenklima 468 — in
 direkte Hohenklimawirkungen 469
 — Klima und Herzkrankheiten 465
 ff — Indikationen bei Herzkrank-
 heiten für das Hohenklima 471 u
 472 — für tiefere Lagen 474 — für
 das Seeklima 474 — Herzkrankhei-
 ten am Golf von Neapel 247 251
 — Diatvorschriften für Herz-
 kranke im Hochgebirge 473 —
 Herzkranken Gebirgsbewohner 473
 II im mel Blaufärbung des H 82 —
 Beziehungen ders zum Trübungs-
 grad 84 — bleu du ciel 111 — in-
 tensität des H Lichtes 85

Hitzschlag physiologische Vorgänge beim H 357/358 — Zusammenwirken verschiedener Klimafaktoren beim H 495

Hochgebirge Klimatologie des H 130 ff — Verdunstungsmessungen an freien Wasseroberflächen im H 127 136 — Elektrisches Klima des H 109 137 328 — Charakteristika des Strahlungsklimas des H 138 — Staub und Keimfreiheit der H Luft 138 521 527 — Aufbau des H auf Ceylon 165

Hohenbewohner anthropologische Verschiebungen beim H 367

Hohenklima 131 — Merkmale dess 134 — austrocknende Wirkung 136 — Ruck und Ausblicke in der H Forschung 3 ff — Anpassungsreaktionen an das H 9 347 ff — Einfluß des H auf Blutmenge 10 — auf Atmung und Kreislauf 8 — H als Belastungsprobe 14 — H Forschung und soziale Probleme 14 — Jodbedarf im H 199 — Physikalisch-chem. Beeinflussung des Organismus durch das H 260 ff — Physiologische Wirkungen des H auf das Blut 279 ff 535 — Stoffwechsel im H 11 288 294 329 465 — Energieverbrauch bei Muskelarbeit im H 288 — Milchsäure im Blut im H 290/291 — II und pathologischer Stoffwechsel 294 ff — Indilationen für das H 296 ff — Einfluß auf das Schlafvermögen 314 ff — Zustände kommen der physiologischen H Wirkungen 328 ff — Spezifische und unspezifische Wirkungen des H 328 — Arzneimittelwirkungen im H 299 334 — Immunität gegenüber dem H 347 — H als Reizklima 352 — Wirkung des H auf die Tuberkulose 353 371 — auf das Wachstum von Kindern 450 ff — bei Herzkranken 466 — direkte Wirkungen auf das Herz 467 — indirekte Wirkungen 469 — Indilationen des H bei Herzkrankheiten 470 — bei Nierenkrankheiten 484 — Wirkung des H auf den Gefäßtonus 477 ff — Einfluß des H auf die Rekonvaleszenz 530 ff — Heilfaktoren des H für das Rekonvaleszenzstadium 535 — Nichttuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane im H 510 — Psy-

chische Wirlungen des H 500 519 534 538 — Verschiedene Stufen der Einwirkung des H auf den erholungsuchenden Menschen 542 — Umstimmende Wirkung des H auf den senilen Zustand des Menschen 550

Vergl. climat und Klima

Hormone 306 ff 330

Humidity (Feuchtigkeit) in London 27

Humidité atmosphérique au golfe de Naples 237

Hydroa als optische Sensibilisationskrankheit 400 — Wirkung wiederholter Belichtung auf H 404

Hygiene formation des ministres de l'H 38 — Institutions pour l'H 39 43

Hyperglobulie 227 361 551 — Beeinflussung der H durch das Hochgebirge 296

Hyperämie 227 Bedeutung der durch Sonnenbestrahlung hervorgerufenen H bei Wundbehandlung 418 — bei chirurg. Tuberkulose 423

Hyperpnoe Hohen 266/267

Hypertrophie des Herzens im Hochgebirge 468

Hypophyse Einfluß ders auf den Wasser-salzhaushalt 309

I

Igioscopicità indice di 65 (Hygroskopizität)

Immunität gegenüber dem Hohenklima 347 ff — aktive und passive I 358 — Wesen der I Vorgänge bei zunehmender Luftverdünnung 359 — Grenze der I gegen Sauerstoffmangel 361 366 — Zeitraum für das Eintreten jeglicher I 361 — I gegen Sauerstoffmangel bei normalem Barometerdruck 362 365 — verschiedene Grade der I 366 — absolute I durch O Atmung 368 — Schematische Darstellung der I 369

Infection microbie how to prevent 17

Influenza subfebrile Temperatur nach I und Einfluß von Klimawechsel darauf 523

Infiltrationsorgane 11 Beeinflussung der I durch klimatische Faktoren 307 — Eigeninktion der Haut 310 — Tätigkeit der I bei den Anpassungsvorgängen 355 —

Beziehungen zwischen Inkretsystem und vegetativem Nervensystem 305/307

Vergl Diäsen

J

Jod Vorkommen dess in der Umwelt 187 ff — Beziehungen zwischen J und Kropfbildung 187 196 — J in der Luft 188 204 — Kropf und Klima 199 204 — Dampfdruck des J 188 — J Gehalt der Niederschläge 189 — der Steinhohle 189 — im Ruß 190 — Einfluß der Meereshöhe auf J Gehalt der Luft 190 — J in Regen und Flußwasser 190 204 — in Gesteinen 191 — Abspaltung von J aus Jodid 191 — organisches J 192 — Speicherung des J in Meeresorganismen 193 — J Gehalt der Meeresluft 193 — des Meerwassers und der Meeresalze 194 — des Süßwassers und der Süßwasserorganismen 194 — in Landpflanzen 195 — J Stoffwechselversuche 197 — J Verbindungen in Nahrungsmitteln 198 — Einfluß der Witterung auf Jodgehalt der Futtermittel 198 — J Bedarf im Hohenklima 199 — Beeinflussung der Schilddrüse durch Jod 307

Ionen I Gehalt der Luft 16 103 104 — Meßverfahren für I und Leitfähigkeit 104 — Ionsatoren 105 — Luftion Wollaston 107 — Ions positifs sur les sommets des montagnes 111

K

Kadmiumzelle photoelektrische Messungen mit ders 549

Katathermometer 19 139

Kaltepol 53

Kapillaren Zahl der Blutzellen in Abhängigkeit von Funktion der Organe 12 — Einfluß ultravioletter Strahlen auf die K 13 — Blutverteilung in den K 283

Kinderkrankheiten Klimawirkungen auf K 437 ff — Cholera infantum 437 s d — Anwendung klimatischer Kuren bei K 446 — Hochgebirgskuren 447/449 — Ferienheime und Walderholungsstätten 448 — Bedeutung richtiger Ernährung bei K 448

Kinderwachstum Einfluß des Hohenklimas darauf 450 ff — Abhängigkeit von klimatologischen

Elementen 450/461 — in niederen Gebirgslagen 461

Klima K Kunde 130 — praktische Werte der Klimatologie 130 — Abhang K 134 156 — K Aenderung bei Erhebung über d Meeresniveau 143 — Klimacharakter von Davos 154 — Kontinentaler Klimacharakter 133 154 160 — K der nivalen Region 157 — K Veränderungen in den verschiedenen geologischen Epochen 162 — Klimacharakter in den Tropen 164 ff — Verschiedene K Regionen auf Java 167 — Einfluß des K auf Lage der Baumgrenze 169 — Küsten und Binnenlandklima 201 ff — Lichtstärke des Meeres K 205 — Einfluß des K auf die Organismenwelt 4 — Einfluß des K auf den Stoffwechsel 201 285 ff — Rassen und artbildende Wirkung des K 182 — Hebung des Appetits durch K Wechsel 355 — Unbewußt bleibende K Reize 493 — schädigende Einflüsse exzessiver Klimata 494 — erschöpfende Wirkung des Tropenklimas 494

Hohenklima s d

Wustenklima s d

Vergl climat

Klimaelemente 47, 108

Klimatotherapie der Tuberkulose 353 — Grundlagen der K in Höhenlagen 362 — Geschichte der K 375 ff — Grundlagen der modernen K 379 — Verbindung von K mit Hydrotherapie 380 — Entdeckung der Heilwirkung des Davoser Klimas 380 413 — K von Herz und Zirkulationskrankheiten 465 ff — von Nierenkrankheiten 484 ff — von Nervenkrankheiten 492 499/501 — von Kinderkrankheiten 447 — Psychotherapeutische Komponente der K 243 500 — Thalassotherapie sur le littoral thyrienique 244 — Valeur climatotherapeutique du golfe de Naples 230 ff — Indications et contreindications de la climatothalassotherapie 246—251

Knochen Einfluß des Sonnenlichts auf K Bildung 275, 431 — Bedeutung des Verhältnisses von Phosphorsäure zu Kalzium in der Nahrung für K Bildung 433

Knochenbrüche Sonnenlichtbehandlung 421

Knochenfisteln Sonnenlicht
behandlung 423
Knochenmark als Blutbildungs
stätte 276 281 — Tätigkeit des K
bei Sauerstoffmangel 350 353
Knochentuberkulose Hei
lung ders mit Sonnenlichtbehand
lung 426
Kohlensäure Wirkung ders auf
die Blutviskosität 264 — K Bin
dungsfähigkeit des Blutes 267 292
295 — K Gehalt des Blutes 290 —
K Spannung in den Alveolen 517
554 — K Spannung der Alveolar
luft 290/291 295 — Einfluß des
Lichtes auf alveolare K Spannung
298 — K Assimilation der Alpen
pflanzen 144 149
Konstitution Beziehungen zwi
schen K und Pigmentierung 184
— Bedeutung für den Rekon
valeszenzvorgang 531 — Einfluß
operativer Eingriffe auf die K 531
— Physikalisch chemische Einwir
kung auf die K 531 — Bedeutung
der K für Neurologie 493
Kreislauf in der Natur 5 —
großer und kleiner K des Blutes
264 — Klimatotherapie der Kreis
laufstörungen 465 ff — Hohen
klimatische Beeinflussung des K
in der Rekonvaleszenz 537 — Sto
rungen des Blutkr durch Krank
heiten der Atmungsorgane 519 —
Einfluß der Luftverdunnung auf
den K 519

L

Leber Eisengehalt ders 272
Lebertät an günstige Wirkung des
L bei Rachitis 16 385 432 434 —
Einfluß von L und antiachitisch
wirksamer Stoffe auf die photo
graphische Platte 385
Leistungsfähigkeit Vermin
derung ders in großen Hohen 360
— des Hochgebirgseinheimischen
367
Leukämie Verhalten einer L im
Hohenklima 296
Leukozyten Leukozytenzahl im
Mittelgebirge 227 — Blutbild der
L bei Lungentuberkulosen 506
Licht polarisiertes 84 — hemmen
der Einfluß des L auf Langen
wachstum der Pflanzen 145 — Ein
fluß des L auf Hohenpflanzen
171 — Lichtstärke an der Meeres
küste 205 — Bestimmung der L

Intensitäten in Holland 208/209 —
Lichtverteilung im Mittelgebirge
223 — biologische L Intensität 252
410 — Messung der bakterien
tötenden Wirkung von L Quellen
258 — biologischer Lichtatlas 259
— lichtbiologische Untersuchungen
im Hochgebirge 410/412 — Einfluß
des L auf die Blutbildung 275 —
Physiologische und therapeutische
Wirkungen künstlichen L 382 ff
— für L Therapie geeignete
Krankheiten 383 — Einfluß des L
Bades auf Blutdrucksenkung 382
— auf Steigerung von Phosphor im
Blut 384 409 — auf bakterizide
Kraft im Serum 387 — das wirk
samste L für Behandlung der chi
rurg Tuberkulose 388 — therapeu
tische Wirkung der sichtbaren
Lichtstrahlen durch Erwärmung
des Blutes 390 — Lichtbehandlung
im Finsemnstitut 392/394 — Ein
teilung der Lichtkrankheiten 396
— Lichterkrankungen des Auges
396 — Optische Sensibilisations
krankheiten 397/402 — exogene
398 — endogene 399 — Vorgang
beim Lichtschlag 398 — Unem
pfindlichmachung gegen L 402 —
Lichtgewohnung 404 — Beziehun
gen zwischen L und Hautlebens
405 — Einfluß jahreszeitlicher
Schwankungen auf Lichtkrank
heiten 410 — Lichttod 410

Vergl Strahlung Sonne Helio
therapie

Light Influence of L 20 — of
the different rays 20 — l treatment
23 — sun and sky shine 23 — light
baths 24 — deficiency of l in the
centre of London 34

Luce (Licht) in clima delle alpi 321

Luft Staubgehalt der L 80 —
Wasserdampfgehalt der L 54 80
139 206 481 — L Trübung 84 90
— Raumladung der L 101 103 —
Leitfähigkeit der L 103 104 —
Ionisierung der L 16 104 — Ge
halt der L an Radium Emanation
105/106 — Sättigungsdefizit oder
Dampfmangel der L 17 128 136 —
Trockenheit der Hochgebirgsluft
136 — Einfluß von Trockenheit der
L auf Pigmentierung 180 — Jodge
halt der L 188/190 203/204 — Zu
sammensetzung d Seeluft 203/204
— L im Mittelgebirge 220 — Ein
fluß der L auf Blutbildung 275 —

Einfluß der L Strömungen auf Wachstum von Kindern 459
 L u i t t d r u c k vermindert in der Höhe 131 134/135 294 328 — Mechanischer Einfluß der L Veränderung 136 333 348 — L Senkung als Ursache der Erythrozytenvermehrung 281 — Einfluß des verminderten L auf die Blutzusammensetzung 296 — auf Drüsen 308 — Zusammenhang zwischen L Schwankungen u Schlafstörungen 317 — der verminderte L als Ursache der physiolog Hohenklima wirkungen 331/333
 L u i t t e l e k t r i z i t ä t siehe Elektrizität
 L u i t t f e u c h t i g k e i t s Feuchtigkeit
 L u i t t t e m p e r a t u r siehe Temperatur
 L u n g e n a l v e o l e n Gasaustausch in den L 7 517 — Kohlen saurespannung in den L 517 553 — Sauerstoffspannung in den L 552 — verschieden starke Durchleitung der verschiedenen Alveolarputien bei der Atmung 266 552
 L u n g e n s c h r u m p f u n g Einfluß des Hohenklimas auf L nach Pleuritiden 522
 L u n g e n s y p h i l i s 523
 L u n g e n t u b e r k u l o s e , im Hohenklima 297 352 515 — Wirkung von Antigenen bei L 353 — Lungenblutungen und Bestrahlung 408 — Beitrag zur Zustandsdiagnose der L mit Berücksichtigung klimatischer Einflüsse 503 ff — Verschiedene Auffassungen zur Einteilung der L 504 — Produktive und exsudative L 504/505 — Bedeutung des Allgemeinzustandes bei der Prognose von L 506 — Bestimmung spezifischer Antikörper der L 506 — unspezifische Reaktionen als Ausdruck der Gesamtverfassung des Lungentuberkulosen 506 — Blutbild der Leukozyten bei L 506 — Flockungsreaktionen des Plasmas bei L als Maß der Krankheitsintensität 507/510 — Flockung bei Exsudaten in Körperhöhlen 507 — Beziehungen zwischen Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit und Flockungsreaktion 509 — Zellbild einer künstlich erzeugten Entzündungsquaddel der Haut als Maßstab der

L 511/513 — Verschiedener Lymphozytengehalt der Entzündungszellen bei exsudativer und produktiver L 512 — Mögliche Beeinflussung des Zellbildes durch das Hohenklima 514 — Erkenntnis der L durch ergänzende Betrachtung des morpholog Gewebszustandes der Lunge wie des Allgemeinzustandes 515
 Vergl Tuberkulose
 L u p u s Wirkung der Strahlung auf L 330 — Lichtbehandlung von L 392 425 — L erythematodes als Lichtkrankheit 406

M

M a l a d i e s s o c i a l e s la lutte contre les 40 — Influence des facteurs climatologiques 42
 M a l a r i a Lichtbeziehungen der M 408
 M e d e c i n e p r e v e n t i v e 36 ff
 M e l a n i n 174 254 — effect of M in the cells 22 — melanistische Schmetterlinge 178 — M bei Vögeln 180 — bei Säugetieren 181 — M Reihen Phaeomelanin und Eumelanin 180/182
 M e t a b o l i s m basal of children 19 — of city inhabitants 26 — Comp Stoffwechsel
 M i l c h k u r e n im Altertum 377 — im 18 Jahrhundert 378
 M i l c h t h e r a p i e bei Nierenkrankheit 487
 M i l c h s a u r e B i l d u n g v o n M bei Muskelzuckung 289 — Uebergang von M ins Blut bei Muskelanstrengung 289/290 554 — Einfluß auf das Saure Basengleichgewicht 290 — M Bestimmungen im Hohenklima 291
 M i l z E i n f l u ß d e r M a u f S c h w a n k u n g e n d e r B l u t m e n g e 10 — Blutbahnen in der M 10 — Aufspeicherung von Eisen durch die M 272 — Milzexstirpation und Anämie 272 277 — Einfluß von Milzexstirpation auf Leber und Niere 272 — auf Blutbildung 277
 M i n e r a l b a d P i l e g e d e s M i m M i t t e l a l t e r 377
 M i t t e l g e b i r g e K l i m a t o l o g i e u n d K l i m a t o P h y s i o l o g i e d e s M 213 ff — Begriff M 213 — klimatische Gegensätze im M 214 — Bedeutung der Vegetationsdecke 214 — Temperatur Niederschlag

Nebel 215/218 — Characteristica des M 224 — seelische Wirkung des M 224 — verschiedene Arten von M 225 — Wirkung auf die Schleimhaute 227
 Mortalität Sauglingsmört im Sommer 437 Vergl Sterblichkeit
 Mortality and infantile M in an area of London 32

N

Nebel im Mittelgebirge 216 — Einfluß des N auf Wachstum von Kindern 458
 Nebenniere, von Hochgebirgs vogeln 185 — Zusammenhang zwischen N und Hautpigmentierung 254 310
 Nekrosen der haarlos belich teten Teile von Thieren bei Licht erkrankungen 398
 Nephritis Klimakuren für mitt lere Stadien von N mit Nierensuf fizienz 485
 Nephrosen Klimakuren für N 486 — Wichtigkeit der diätetischen Faktoren bei der Behandlung von N 487 — Milchtherapie bei N 487
 Neiven Wirkung des Mittelgebir ges auf das N System 228 — Klima und Nervenkrankheiten 490 ff — Physiopathologische Einteil ung derselben 491 — Irreversible und reversible Vorgänge bei N 491 — Schädigungen des N Sy stems durch klimatische Einflüsse 494 — Sonnenstich als Neiven erkrankung 497 — Indikation und Kontraindikation von Klimakuren bei Neurosen 248 497 499 — centri nervosi (Nervenzentren) 323 — processi reattivi dei centri (Reak tionsvorgänge) 325
 Nervensystem vegetatives Be ziehungen zum Inkretsystem 306 u 307 — Klima und vegetatives System 301/304 — Bedeutung für den Schlafzustand 318 — Funk tionsregulierende Wirkung des v N 319 — Verschiebung des Gleich gewichts des v N in der Höhe 320 — Beziehungen zwischen v N und Neurosen 492 — Klimatische Be einflussung des v N 519 536 — Bedeutung für Rekonvaleszenz vorgänge 536
 Niere Wirkung des Mittelgebirges auf die N Tätigkeit 228 — Eisen gehalt der N 272 — N Krank

heiten und Klima 482 ff — Ein teilung der N Krankheiten 483 — Indikation und Kontraindikation von Nierenkrankheiten für Klima kuren 483/484 — N Krankheiten am Golf von Neapel 248

Nierentuberkulose Sonnen lichtbehandlung der N 427 — chi rurgische und klimatische Behand lung der N 489

Niederschlag 47 123 — Maxi mum und Minimum 56 — Luv und Leeseiten der Gebirge und N 132 217 — winterliche Zunahme der N Menge 133 — N Mengen in Klosters und Davos 154 — Einfluß der N auf den Jodgehalt der Luft 189 — Jodgehalt der N 189 — N Mengen an der holl Kuste 207 — im Mittelgebirge 217 — im Hohen klima 328 — au golfe de Naples 237 — Einfluß von N auf Wachs tum von Kindern 453

Neurosen Zusammenhang zwis chen vegetativem Nervensystem und N 492 — Bedeutung psychi scher Faktoren für N 492 — Be deutung der Konstitution für den Verlauf von N 493 — Behandlung funktioneller N 500
 Vergl Neiven

O

Occhio (Auge) Influenza del clima delle alpi 321 — precipitazione dei colori 322

Osteomyelitis Sonnenlichtbe handlung 420

Oxyhamoglobin 7 Dissozia tionskurve des O 261 266/267 354 — Abnahme der Sauerstoffapa ri tat des O in der Höhe 265

Ozon 16 — in der Seeluft 201 — Bedeutung des O Gehaltes der At mosphäre für die Sonnenstrahlung 91 ff — Absorptionsband des O 92 — Nachweis des O in der At mosphäre 92 — Verteilung des O in der Atmosphäre 93 550 — Ursa che des Ozongehaltes der hohen Schichten der Atmosphäre 94 — Berechnung der Wellenlängen des Spektrums aus der Ozonab sorption 95/97

P

Palisadenzellen Entwicklung in den Alpenpflanzen 149/151

Patanas auf Ceylon 164 165 — Hypothesen über die Entstehung der P 164/165 — Vegetation der P 166
 Pellagra als bisher ungeklärte Lichterkrankung 404/405
 Peritonitis Heilung der tuberk mit Sonnenlichtbehandlung 420
 Pflanzen Einfluß des Klimas 5
 Alpenpflanzen Abhängigkeit von Licht und Temperatur 143 ff — Nährstoffe 143/144 — Kohlen saure Assimilation 144 — Bewegungserscheinungen 145 — Stoffwechsel 146 — Blüten und Frucht bildung 147 — chemische Eigen tumlichkeiten 148 — Blätter 149 — Zellstruktur 149 — Palisaden und Schwammparenchym 151 — Interzellularvolumen 151 — Dicke der Epidermis 151 — Cuticula 151
 Spaltöffnungen der Blätter 152 — Transpiration 152 — Vorkommen von tothem wärmeliebender Pil in alpiner Umgebung 161 — Wanderungen der Pil in früheren Klimaperioden 161 — Pil der alpinen Höhlen 171 ff — Vergleichung der 172 — Lichtwendigkeit der Hohenpflanzen 172
 Trockenpflanzen s d
 Phosphor Steigerung dess im Blut nach Lichtbehandlung bei Rachitis 383/384 — erhöhte Aufnahme von Ph aus dem Darm nach Bestrahlung 385 — Bedeutung des Verhältnisses von Kalzium zu Ph Saure in der Nahrung für das Auftreten von Rachitis 433 — jahreszeitliche Schwankung des Blut phosphatspiegels 436
 Pigmentierung durch Ultra violetbestrahlung 12 555 — Verschiedene Arten von Pigment infolge verschiedener Strahlung 556 — P im Hochgebirge 138 310 329 — P an der See 205 — Klima und tierische P 174 ff — Pigmentzellen 174 — Einfluß der Temperatur auf P 176 180 — P Unterschiede von Rassen 182 — Beziehungen zwischen P und Konstitution 184 557 — P von Hochgebirgsvoeln 185 — P als Maßstab der Lichtintensität 253 — Bedeutung für den Körper 254 555 — P Kurve 256 — P bei Bestrahlung mit Kohlenbogenlicht 394 — Beziehungen zwischen P und Lichtwirkungen 396 399 404 406

410 — Fortlaufende Untersuchungen der Pigmentwirkung des Hohenlichtes 410/412 — Bedeutung der P bei der Heliotherapie 424
 Pioggia (Regen) quantita annuale o stagionale della P 63
 Plasma Potenzen des Keimplasmas 177 — Beeinflussung durch Klimawanderung 177 — Umstim mung des Zellplasmas durch klimatische Einflüsse 179 182 — Flockungsreaktion des P bei Lungen tuberkulose 507/510
 Pleuritis Restexsudate ders im Hohenklima 523
 Pluripotenzhypothese 177
 Polarisationstheorie 132
 Polarisation des Lichts 84 — Depolarisationsfaktor 85
 Polso (Puls) in alta montagna 339
 Polyzythämie Ursache der pathologischen P 260 — Hohenpol 260 262/265 353
 Porphyrie Nachweis ders bei Krankheiten der Lichtempfindlichkeit 400/402
 Postulats fondamentaux pour la defense des energies humaines 47
 Pyreheliometer bimetallisches kompensations P 115 — pyreheliometre i compensation 110

R

Rachitis Einfluß der Strahlung auf R 12 275 298 330 382 385 391 429 434 446 555 — antirachitische Wirkung von Fetten u a Stoffen nach Bestrahlung 12 16 298 385 435 — Einfluß von Lebertian auf R 385 432 434 — Versuch der Deutung der bei der Heilung von R wirksamen Vorgänge 386 — R als Lichtmangelkrankheit 408 409 429 — Lichtbehandlung der R und Phosphor und Kalkverwertung 384/385 — Sonnenlichtbehandlung der R 429 — Vitaminfor schung und R 432 — R begünstigende und verhütende Bedingungen 433 — Heilungsverhältnisse der R am Strand 203 — Geographische Verbreitung der R 444 — Vorkommen von R im Hochgebirge 445 — bei Neugeb 445 — Heilungen der R 446 — jahreszeitlicher Einfluß auf die R 436
 Vergleichen

Radiations solaires et celestes, recherches a l'Observatoire de Ses-
 tola 110 — au golfe de Naples 239
 Radiazione solare influenza bio-
 logica 62 — cura climatica della
 tubercolosi 66
 Radium radioaktive Substanzen
 der Erde und Luft 105 — R Ema-
 nation 105/106 — radioaktiver Ge-
 halt der Hochgebirgsluft 137 —
 radioactivite variations 111 — ra-
 dium et thorium 111 — radioacti-
 vite au golfe de Naples 238
 Rain in London 26
 Rays action of the different r 20
 u 21 — interference of r 23
 Vergl Strahlung
 Regen Menge dess 47 56 88 123
 — Steigungsregen 47 — mittlere
 Jahresmenge der R 57 — mittlere
 Monatsmenge 58 — R Sturme 57
 — Einfluß von R Tagen auf
 Wachstum von Kindern 453 458
 Vergl pioggia rain
 Rekonvaleszenz Klimakuren
 bei R nach Nierenkrankheiten 487
 — Wert klimatischer Kuren für
 die R 530 ff — Begriff der R
 530 — R Vorgang nach schwerer
 Infektion 519 530 — Zustand der
 Dysbiose in der R 531 — Bedeu-
 tung der Konstitution für die R
 531 — Hauptsymptome in der R
 533 — Behandlung der R 533 —
 durch physikalische Therapie des
 Hohenklimas 534/538 — Kontra-
 indikationen für Hochgebirgsauf-
 enthalt bei R 534 — Einfluß des
 psychologischen Elements auf Kl-
 makuren bei R 534 538 — not-
 wendige Dauer von Klimakuren in
 der R 538 — R von Pleuritiden
 522 — R von Pneumonien im
 Hochgebirge 523 — la climato tha-
 lassotherapie au golfe de Naples
 pour toutes les reconvalences
 246
 Ricket (englische Krankheit) in
 London 34
 Rosa de venti 65 (vergl Wind
 rose)
 S
 Sanguis (Blut) in alta montagna
 345
 Sättigungsdefizit physio-
 logisches 17 136 — S der Luft 128
 Sauerstoff S Versorgung des
 Körpers 7 — der Organe 262 —
 S Druck des Blutes und der Ge-

webe 261 — S Gehalt des Blutes
 261 — des Hämoglobins 263 — S
 Mangel der Gewebe als Ursache der
 physiologischen Hohenklimawir-
 kungen 11 135 264 294 331 347 365
 468 477 552 554 556 — S Mangel
 als Ursache der Hämoglobinver-
 mehrung im Hohenklima 281
 347/348 — als Ursache der Stoff-
 wechseländerungen 289 — Blutver-
 änderungen infolge S Mangels 551
 — S Mangel bei Muskelarbeit 333
 362 365 554 — S Bedürfnis bei
 körperlicher Arbeit in der Höhe
 264 — S Bedürfnis des Atemzen-
 trums 266 — Regulationsvorgänge
 bei S Mangel 268 347 ff 352 —
 Funktionsstörungen b chronischem
 S Mangel in großen Höhen 306 —
 Verhalten von Säugetieren gegen
 S Mangel 367 — Einfluß erhöhten
 S Spannung auf die Ganglienzel-
 len 364
 Sauerstoffatmung künstl 17,
 Einfluß ders auf die Hohenklima-
 wirkungen 135 264 332 468 — auf
 Erythrozytenzahl 260/261 — auf
 das Atemzentrum 267 — auf den ei-
 höhten Blutdruck im Hohenklima
 11 332 — Maßnahmen bei künstl-
 licher S 368
 Schilddrüse von Hochgebirgs-
 vögeln 185 — Auffindung des Jods
 in der Sch 187 — Jodgehalt der
 Sch 198 — Beeinflussung der Sch
 durch Jod 307 — verminderter Jod-
 bedarf der Sch im Hohenklima
 199 — Sch Tätigkeit als Ursache
 der Hohenpolyzythämie 269 — Ein-
 fluß der Sch auf Blutbildung 276
 281
 Schlaf Klima und Schl 313 ff —
 Bedeutung des Schl für den Orga-
 nismus 313 317 — Einfluß von
 Klimawechsel auf den Schl 314 —
 Schl Störungen im Hohenklima
 315 — Höhengrenze für allgemeine
 Schl Störung 315 — Schwankungen
 des Schl Bedürfnisses im Wechsel
 der Jahreszeiten 315 — direkt und
 indirekt schlafstörend wirkende
 Einflüsse 316 — Herz und Schlaf
 316 — Haut und Schlaf 317 — Be-
 ziehungen zwischen Schl Luft-
 druckschwankung und Luftfelel-
 trizität 317 — Schlafsucht in
 großen Höhen 317 320 — Wesen
 des Schl 317 — Zusammenhang m
 dem vegetativen Nervensystem 318

— Verhalten der Pupille im Schl 319 — Schl Verhalten als Einzelreaktion des Gesamtorganismus 320
 Schneegrenze 131 157
 Sekretion innere Vergl Drusen
 Sensibilisationskrankheiten optische 397 — Entstehung ders durch sensibilisierende Farbstoffe 22 397 — Symptome 398 — exogene S 398 — medikamentöse S und ihre Folgen 398 — endogene S 399 — Aufhebung der Wirkung sensibilisierender Farbstoffe 402 — Versuche von Desensibilisation mittels Narkose 403
 Senso superiore azione del clima sulle funzioni dei centri di s s 321 ff
 Sklerosen Beeinflussung benigner Skl durch Klimakuren 484
 Smoke (Rauch) as source of atmospheric pollution in big cities 27 — constituents of s 27 — s and death rate in lung disease 29 — main sources of s 29 — factory and domestic s 29 — abolition of s by smokeless fuel 35
 Sonne Färbung deis 81 — Tropen S und S der gemäßigten Zone 88 — S Scheindauer an der holländischen Küste 207 — S Scheinverhältnisse im Mittelgebirge 221 — Umwandlung der Sonnenenergie im pflanzlichen und tierischen Organismus 6 — Einfluß des S Scheins auf Wachstum von Kindern 451/453 458
 Sonnenstich 21 396 459 — Sektion des Hirns eines an S Verstorbenen 496 — Zerstörung der tiefer liegenden Hirnteile bei S 496/497
 Sonnenstrahlung Intensität ders 80 85 — Schwächung der S und ihre Ursachen 80/82 86 — S im Hochgebirge 131 138 143 328 — S in den West und Ostalpen 133 — Einfallswinkel der S 134 — Einfluß der S auf die Leukozytenzahl 281 — Bedeutung des Ozongehaltes der Atmosphäre für die S 91 ff — Einfluß des Sonnenlichts auf Knochenbildung 431 ff — Sonnenkuren bei Erkrankungen der Respirationsorgane 528 — Wirkung des Sonnenlichts bei Sonnenlichtbehandlung s Heliotherapie
 Vergl Strahlung

Soot (Ruß) constituents of s 28
 Spannung Messungen deis in der freien Atmosphäre 101 — Sp Zustand der Atmosphäre 102 — Sp Gefälle im Hochgebirge 109 137 328
 Spektrum Sonnensp 80 90 — Sp des Sonnenrandes 92 — ultraviolette Grenze des Sonnenspektrums 91 98 — Ozon der Atmosphäre als Ursache der Spektrumgrenze 93 — Bestimmungen der Wellenlangen der Endlinien des Sonnenspektrums 95 — spectrophotometrie celeste 111 — variations dans l'intensité du spectre par nébulosité 111
 Spektralgebiete 202 — Intensitätsmessungen der verschiedenen Sp 208 — biologisch wirksamstes Sp 257 430 549 — photoelektrische Methode zur Bestimmung dess 549 — verschiedene biologische Wirkung der Sp isoliert und gemischt 411/412
 Stenosen der Luftwege 516
 Sterblichkeit Sommersterblichkeit der Säuglinge 437 — Beobachtungen deis in Amerika 437 — klimatische Bedingungen für vermehrte Sommersterblichkeit 438 — Einfluß der Hitze 439 441 — Einfluß der Wohnungstemperatur 441 — der Kleidung der Säuglinge 442 — soziale Momente 443 — Pflege und Ernährung 443/444
 Vergl mortality
 Stoffwechsel der Pflanzen 146 — Umstimmung d St von Schmettern durch Einatmung von Großstadtdunsten 179 — Einfluß des Klimas auf den St 285 ff — Gesamt intermediärer Grundarbeit Bau St 285/286 — Beeinflussung des Gesamt St durch das Tropenklima 286 — Wustenklima 287 — Seeklima 287 — Höhenklima 11 288 294 329 333 469 535 556 — Stickstoffwechsel im Höhenklima 289 — intermediärer St 11 285 — im Höhenklima 289 Klima und pathologischer St 294 ff — Wirkung des St im Höhenklima auf das Herz 470 — Einfluß der Strahlung auf St 329 556 — Einfluß verminderten Sauerstoffdruckes 333 — St Beeinflussung des Hochgebirges bei Basedowkranken 299 550 — St Beeinfluss

sung des Hochgebirges bei höherm Alter 299 — St und Inkretionsorgane 11

Eiweiß St s d

Fett St s d — Mineral St Aenderungen im Hohenklima 330 — bei Bestrahlung 409

Vergl metabolism

Strahlung der Sonne und des Himmels 84 — Bestimmungen des Strahlungsklimas eines Ortes 85 — St Messungen 89 — Hohenstrahlung 106 — alpinische St in der Höhe 131 — St im Hochgebirge 138 328 — Characteristica des St Klimas des Hochgebirges 138 — Ein und Ausstrahlung bei zunehmender Höhe 139 — Intensitätsmessungen der St an der holländischen Küste 208/09 — chemisch wirksamste bakterientotende St 255 382 — Einfluß der St auf den Organismus 12 — Einfluß der Hochgebirgsst 298 309 329 — Einfluß der St auf antrachitische Wirkung von Fetten 12 16 298 385 435 — Einfluß der St auf das Inkretsystem 309/310 — auf Stoffwechsel 329 556 — auf pathologische Prozesse 330 — auf Mineralstoffwechsel 330 — Eiregung von Hauterythem durch St 20 254 382 396 555 — Einfluß der St auf menschlich Hautfett 386 — Unterschiede in der Wirkung leuchtender und dunkler Wärme str auf die Haut und Blutzellen 20 388/389 — hämolysierende Wirkung der St 255 411 — antagonistische Wirkung verschiedener Strahlenbereiche 23 411/12 — Einfluß intensiver St bei trockener bewegter Luft auf die Blutzirkulation 478 ff

Sunshine Influence of S on health 16 ff — hours of S in connection with width of streets 34 u 35

Syphilitische Geschwüre Sonnenlichtbehandlung ders 421

T

Temperatur Jahres T 47/49 — Jahresschwankung der T 51 — Monatsmittel der T Maximum und Minimum 50 — Tagesschwankungen der T 51 — höchste und niedrigste beobachtete T 52/53 —

T Extreme 54 — Wasser und Land T 78 — Messung der Luft T 123 — Abnahme der T mit der Höhe 131 143 294 328 — aperiodische Schwankungen der T 133 — T Umkehr 134 — T Verhältnisse im Schwarzwald 215/216 — Unterschiede zwischen Küsten und Binnenland T 206 — Haut u Tiefen T 20 138 390 — Einfluß der T auf die Blutmenge 10 — Einfluß der T in den Alpen auf Physiologie u Anatomie d Pflanzen 143 T in alpinen Höhlen 172/173 — Einfluß der T auf den Verlauf von Cholera infantum 437 — Wohnungstemperatur und Sommersterblichkeit der Säuuglinge 441 — Einfluß der T auf Wachstum von Kindern 451/455

Temperature moyenne des trois regions du golfe de Naples 236

Temperatura variazione periodiche della t nel clima di montagna 113

Temperature of London 26/27 extremes of t 26 — average t in cities 26

Tetanie 267 297 383

Thermotropismus positiver 145 — thermotropische Wachstumskurven 146

Thyroxinproduktion u Stoffwechselsteigerung 311

Thymusdrüse und Blutgenerierung 276

Trockenpflanzen Merkmale ders 152 — Vorkommen ders 160

Troposphäre 102

Trübungsgrad d Atmosphäre 80 — Trübungsfaktor 81 ff — Verteilung des T Zustandes 82 — Abhängigkeit des Himmelslichtes vom T Faktor 85 — Trübungskalender 85 — T Faktor u Wetterprognose 86 — T Faktor für einzelne Spektralgebiete 87/88 549 — T Faktor der Natriumzelle 88 — T Faktor für kurzwellige Strahlung 88 — Zusammenhang mit der prozentualen Rotstrahlung 89

Tuberkulose im Hohenklima 297 352 447 — Wirkung von Antigenen auf T 353 506

Chirurg Tuberkulose Lichttherapie 383 388 — Die wirksamste Strahlung 388 — Hypothese über die Ursache der Lichtwirkung 391 — Sonnenbadbehandlung 391 —

Lichtbehandlung im Finseninstitut 392/394 — lokale Besonnung und Sonnenvollbad bei T 424 — Wirkung der Sonnenlichtbehandlung bei allen Formen d ch T 414 415 422 — Hauttuberkulose 425 — T der Lymphdrüsen 425 — T der Knochen und Gelenke 426 — Urogenital Tbc 427 — Genital Tbc d Weibes 427 — Nieren und Blasen Tbc 427 — tuberkulose Peritonitis 428 — Darmtbc 428 — Tbc der Sinnesorgane 429 — Lungentuberkulose s d
Tuberculose la lutte contre la tbc 42 — cure marine pour la tbc 247 — cura climatica della T 66

U

Ulcus cruris Sonnenlichtbehandlung 419
Ulcus corneae senilis Wirkung des Hohenlittmas darauf 550
Ultraviolett Strahlung 20/22 — im Hochgebirge 138 — im Mittelgebirge 222 — vergleichende Bestimmungen der U 209 — ultraviolette Grenze des Sonnenspektrums 91 93 98 — Bedeutung der U für Pigmentierung und Erythembildung 12 254 382 554 — biologische Wirksamkeit der U 12/13 — Deutung ders 387 — Bedeutung der U für die Rachitis 12 16 275 298 383 409 434 555
Ultraviolet rays 16 20/22 — treatment with 21/24 — extinction by smole 30 — u r near and in London 31

V

Vallola Lichtbeziehungen ders 406/407
Vegetation Grenze ders in den West und Ostalpen 133 — V Formen des Davoser Tals 156 ff — V Unterschiede innerhalb gleicher Regionen 158 — Feld und Gartenbau in der Höhe 159 — Vegetationsverhältnisse auf Ceylon 166 — auf Java 168 — Höhlenvegetation 171/173 — V Decke im Mittelgebirge 214 — V de la région du golfe de Naples 235
Vent (Wind) direction du v 67 ff — direction moyenne d'une journée d'un mois 67 — v continental 71 — v aux littoraux modifiés par des forêts 231 — v au

golfe de Naples 237 — influence des v sui affections de nevroses fonctionnelles 242

Courant (Windströmung) notion des c 68 — c continental 71 — c antagonistes 72 — capacite plus viable du c equatorial 73

Verdunstung Messungen ders 119 127 136 — Größe und Verlauf ders 123 — maximale und minimale V 125 — mittlere Jahres V 125 — relative V 128 — jahrl V Hohen 128 — Abhängigkeit der V von der Windstärke 129 — Monatssumme der V im Wald und im Freien 129 — V am Goli von Neapel 238 — Einfluß der V auf das Wachstum der Kinder 453 456

Vererbung Experimente 176 — V von Pigmenterscheinungen 177 178 182

Vertigine (Schwindel) in alta montagna 326

Viskosität des Blutes und Blutzellenzahl 262/263 — Höhenveränderungen der V 264

Vitamine V Forschung 432 — Bedeutung des fettlöslichen Vitamins für die Knochenbildung 432 — Ersetzung des antirachitischen V durch Bestrahlung 434 — V bildende Wirkung des Sonnenlichtes 436

W

Wald Verdunstungsmessungen im Nadel und Buchenwald 127 ff — Verteilung des W im Davoser Tal 156 — Waldgrenze 156 — höchstes Vorkommen von W 158 — Urwaldreste auf Ceylon 165 — Charakter des W auf Ceylon 166 — hygienisch geforsteter W als therapeutisches Mittel 543

Warme Verhältnisse des Festlandes 77 — Aufspeicherung der W im Meere 79 — W Abgabe und Zufuhr durch Ausstrahlung und Einstrahlung 139 — Bedeutung der W für das Höhlenlima 172/173 — Einfluß der dunklen und der leuchtenden W Strahlen auf die Hautzellen 20 388 — Vorgang der W Wirkung auf die Haut 497 — W Regulierung des Körpers durch Pigmentbildung 555

Wasserdampf Gehalt der Atmosphäre 54 77 80 128 — W der Luft an der holl Kuste 206 —

- Absorption des W und Sonnenstrahlung 82 86 89 — Mantelwirkung des atmosphärischen W 139 481
- Wasserstoffionenkonzentration Einfluß der W der Erde auf die Jodabspaltung 192 — Wirkung der W des Blutes auf das Atemzentrum 267 — Abhängigkeit der W des Blutes von dessen Kohlensäuregehalt 290 — W des Blutes im Hohenklima und deren Bedeutung 295 354 355 470
- Wind 47 60 74 — Windgeschwindigkeit 60 — Windbahnen 76 — Drehung der W 76 — Feuchtester und trockenster W 76 — Häufigkeit der W 77 — Land und Meer wind 78 — Messung der W Geschwindigkeit und W Stärke 123 — Einfluß auf Verdunstung 128 — Windschutz 132 — Windrose der absoluten Feuchtigkeit s d — nervenerregende Wirkung von W 495 — prevalent winds in London 26
- Vergl vent
- Wundbehandlung mit Sonnenlicht 414/420 — Schuß Riß und Quetschwunden 415 — Lister scher Okklusivverband 417 — Erklärung der heilenden Wirkung des Sonnenlichtes bei W 418 — Behandlung variköser Geschwüre 419 — Brandwunden 419 — Wunden durch Infektion 420
- Wustenklima Stoffwechsel im W 287 — Blutdrucksenkung im W 476 482 485 — Wasserabgabe durch die Haut im W 486 — W bei Herzkrankheiten 475 — Wirkung des W auf Nierenkrankheiten 482 — Eignung des W bei Nephrosen 485 487
- X**
- Xeroderma pigmentosum Entstehung von X unter Lichteinfluß 405
- Xerophyten, s Trockenpflanzen
- Z**
- Zelle Zusammenwirken physikalisch chemischer Faktoren für die Z 13 — Veränderung der Zellstruktur durch Angriff eines Antigens 532 — Beeinflussung von Zellsystemen durch Krankheit 532
- Zirkulation siehe Kreislauf
- Zucker Z Gehalt in den Alpenpflanzen 148 — Wirkung dess gegen Erfrieren 148 — Verhalten der Z Krankheit im Hochgebirge 299 — erhöhter Blutzucker bei Diabetes nach ultravioletter Bestrahlung 387 — assimilazione del glucoso in alta montagna 345
- Zyklone Einfluß von Z und Antizyklone auf Vorkommen von Hamoptoen auf Verlauf von Grippe und Tuberkulosesterblichkeit 558

